

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника
Отделение школы
(НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

| Тема работы | |
|---|--|
| Моделирование электромеханической части аппарата для реабилитации людей с ограниченными возможностями | |

УДК 615.841-056.266.621.31

Студент

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|---------------|---------|------|
| 8Е41 | Чугунова Ю.С. | | |

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|---------------|------------------------|---------|------|
| Руководитель ВКР | Тырышкин А.В. | к.т.н., доцент | | |
| Руководитель ООП | Мамонова Т.Е. | к.т.н., доцент | | |

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-------------|--------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОСГН | Петухов О.Н. | к.э.н., доцент | | |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------|--------------|------------------------|---------|------|
| Ассистент ОКД | Авдеева И.И. | - | | |

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|-------------|------------------------|---------|------|
| Руководитель ОАР | Леонов С.В. | к.т.н. | | |

Томск - 2018 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

| Код результата | Результат обучения (выпускник должен быть готов) |
|-------------------------------------|--|
| Профессиональные компетенции | |
| P1 | Применять глубокие естественно-научные, математические знания в области анализа, синтеза и проектирования для решения научных и инженерных задач производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, в том числе их систем управления |
| P2 | Воспринимать, обрабатывать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области теории, проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, принимать участие в командах по разработке и эксплуатации таких устройств и систем |
| P3 | Применять полученные знания для решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных мехатронных и робототехнических устройств и систем (в том числе интеллектуальных) с использованием технологий мирового уровня, современных инструментальных и программных средств |
| P4 | Определять, систематизировать и получать необходимую информацию в области проектирования, производства, исследований и эксплуатации мехатронных и робототехнических модулей, устройств и систем |
| P5 | Планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования для целей проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических средств и систем с использованием передового отечественного и зарубежного опыта, уметь критически оценивать полученные теоретические и экспериментальные данные и делать выводы |
| Универсальные компетенции | |
| P6 | Интегрировать знания в области анализа, проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем со знаниями из смежных областей |
| P7 | Понимать используемые современные методы, алгоритмы, модели и технические решения в мехатронике и робототехнике и знать области их применения, в том числе в автоматизированных производствах. |
| P8 | Эффективно работать в профессиональной деятельности индивидуально и в качестве члена команды |
| P9 | Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально-экономических различий |
| P10 | Проявлять широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, демонстрировать понимание вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду. |
| P11 | Следовать кодексу профессиональной этики и ответственности и международным нормам инженерной деятельности |
| P12 | Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности |

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника
Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
Мамонова Т.Е.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|---------------|
| 8Е41 | Чугунова Ю.С. |

Тема работы:

Моделирование электромеханической части устройства для людей с ограниченными возможностями

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

Предметом исследования является электромеханическая часть устройства для людей с ограниченными возможностями.

Исходные данные:

шаг угла поворота вала двигателя – 2гр,
длина бедра – 60см,
объем бедра – 20 см,
вес бедра – 30кг.

| | |
|--|--|
| <p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Изучить аналоги 2. Обзор и выбор электродвигателя 3. Теоретический обзор и математическое описание электродвигателя 4. Математическая модель СДПМ 5. Механическая модель устройства 6. Алгоритм автоматического управления |
| <p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p> | <p>Нет</p> |
| <p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p> | |
| <p>Раздел</p> | <p>Консультант</p> |
| <p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p> | <p>Петухов О.Н., доцент ОСГН, к.э.н.</p> |
| <p>Социальная ответственность</p> | <p>Авдеева И.И., ассистент ОКД</p> |
| <p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p> | |
| <p>Нет</p> | |

| | |
|--|------------|
| Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику | 01.03.2018 |
|--|------------|

Задание выдал руководитель:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------|---------------|------------------------|---------|------------|
| Доцент ОАР | Тырышкин А.В. | к.т.н | | 01.03.2018 |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|---------------|---------|------------|
| 8E41 | Чугунова Ю.С. | | 01.03.2018 |

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки (специальность) 15.03.06 Мехатроника и робототехника
Уровень образования бакалавриат
Отделение школы
(НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники
Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2017/2018 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:

| Дата контроля | Название раздела (модуля) / вид работы (исследования) | Максимальный балл раздела (модуля) |
|---------------|---|------------------------------------|
| 01.06.2018 | Основная часть | 60 |
| 10.05.2018 | Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | 20 |
| 25.05.2018 | Социальная ответственность | 20 |

Составил преподаватель:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------|---------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОАР | Тырышкин А.В. | к.т.н. | | |

СОГЛАСОВАНО:

| Руководитель ООП | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|---------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОАР | Мамонова Т.Е. | к.т.н. | | |

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа имеет 70 страниц, 16 рисунков, 24 таблицы, 19 источников.

Ключевые слова: синхронный электродвигатель, постоянные магниты, математическая модель, устройство для людей с ограниченными возможностями, система управления.

Объектом исследования является устройство для людей с ограниченными возможностями.

Цель работы – моделирование электромеханической части устройства для людей с ограниченными возможностями.

В ходе работы проводился анализ существующих аппаратов для людей с ограниченными возможностями, разрабатывались механическая модель электропривода в составе устройства и математическая модель в форме операторно – структурных схем, а также разрабатывался алгоритм автоматического управления электроприводом.

Проведена проверка безопасности и экологичности проекта, также рассчитана экономическая эффективность модернизации оборудования.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2013. Моделирование выполнено с использованием программы Simulink/Matlab 2016.

Содержание

| | |
|--|-----------|
| ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП | 2 |
| Определения | 9 |
| Обозначения и сокращения | 9 |
| Введение | 10 |
| 1 Аналитический обзор | 11 |
| 1.1 Обзор существующих аналогов | 11 |
| 1.2 Обзор и выбор электродвигателя | 13 |
| 1.3 Управление синхронным двигателем с постоянными магнитами | 14 |
| 2 Разработка математической модели электродвигателя | 15 |
| 2.1 Математические расчеты момента электродвигателя | 15 |
| 2.2 Математическое описание синхронного двигателя с постоянными магнитами в подвижной системе координат | 18 |
| 2.3 Математическое описание синхронного двигателя с постоянными магнитами в подвижной системе координат | 21 |
| 2.4 Разработка модели электромеханической части устройства | 24 |
| 3 Управление синхронным двигателем с постоянными магнитами с точки зрения ТАУ | 26 |
| 3.1 Многоконтурное управление электродвигателем | 27 |
| 3.2 Обзор и выбор регуляторов для управления СДПМ | 28 |
| 4 Аппаратная часть | 31 |
| 5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | 32 |
| 5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения | 30 |
| 5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования | 30 |
| 5.1.2 Анализ конкурентных решений | 30 |
| 5.1.3 Технология QUAD | 35 |
| 5.1.4 SWOT-анализ | 39 |
| 5.1.5 Морфологический анализ | 38 |
| 5.2 Планирование научно-технических работ | 38 |
| 5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования | 38 |
| 5.2.2 Определение трудоёмкости выполнения работ | 39 |
| 5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования | 42 |
| 5.2.4 Бюджет научно-технического исследования | 43 |
| 5.2.5 Расчет материальных затрат | 44 |
| 5.2.6 Основные заработные платы исполнителям темы | 44 |
| 5.2.7 Расчет затрат на отчисления во внебюджетные фонды | 45 |
| 5.2.8 Расчет затрат на электроэнергию | 45 |

| | |
|---|-----------|
| 5.2.9 Расчет амортизационных расходов..... | 47 |
| 5.2.10 Расчет прочих расходов..... | 47 |
| 5.2.11 Контрагентные расходы | 48 |
| 5.2.12 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта | 48 |
| 5.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной и экономической эффективности | 48 |
| Выводы по главе | 51 |
| 6 Социальная ответственность | 54 |
| Введение | 55 |
| 6.1 Производственная безопасность..... | 55 |
| 6.1.1 Освещение | 56 |
| 6.1.2 Микроклимат..... | 57 |
| 6.1.3 Шум..... | 58 |
| 6.1.4 Психофизиологические перегрузки | 58 |
| 6.1.5 Электрический ток..... | 59 |
| 6.1.6 Короткое замыкание и статическое электричество | 60 |
| 6.2 Экологическая безопасность | 61 |
| 6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях | 62 |
| 6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности | 63 |
| Заключение по разделу | 65 |
| Список использованных источников | 69 |

Определения

В выпускной квалификационной работе использовались следующие термины с соответствующими определениями:

Синхронный двигатель – бесколлекторная машина переменного тока, у которой в установившемся режиме отношение частоты вращения ротора к частоте тока в цепи, подключенной к обмотке якоря, не зависит от нагрузки в области допустимых нагрузок.

Синхронный двигатель с постоянными магнитами – это синхронный электродвигатель, индуктор которого состоит из постоянных магнитов.

ШИМ (широтно-импульсная модуляция) – способ управления мощностью, подводимой к нагрузке, путём изменения скважности импульсов, при постоянной частоте.

ПИД-регулятор (пропорционально-интегрально-дифференцирующий регулятор) – устройство в управляющем контуре с обратной связью. Используется в системах автоматического управления для формирования управляющего сигнала с целью получения необходимых точности и качества переходного процесса.

Обозначения и сокращения

СДПМ – синхронный двигатель с постоянными магнитами.

ПИД – пропорционально-интегрально-дифференцирующий.

ДПТ – двигатель постоянного тока.

Введение

Разработка устройств для реабилитации – актуальная задача на сегодняшний день. После некоторых болезней, таких как инсульт, или травм конечностей и суставов, требуется длительная физиотерапия для восстановления двигательных функций конечностей и суставов.

Для скорейшей и качественной реабилитации такая терапия должна проводиться практически весь день. В таком случае у пациента больше шансов на восстановление утраченных функций.

Терапию проводят врачи. К сожалению, уделять достаточное количество времени каждому человеку они физически не могут. Именно поэтому необходимо разрабатывать и создавать такие устройства, которые бы позволили заменить работу врача.

Разработка устройства для реабилитации людей с ограниченными возможностями включает несколько этапов. Один из них – разработка электромеханической модели электропривода. Такая модель позволит оценить работу привода в составе устройства и исследовать динамические и статические параметры, полученные результаты можно будет использовать для создания физического прототипа электропривода в составе устройства.

Целью данной работы является моделирование электропривода в устройстве с возможностью отслеживания параметров как в статическом, так и в динамическом режимах.

Для достижения этой цели поставлены следующие задачи:

1. разработка математической модели электропривода, включающую в себя многоконтурное автоматическое регулирование всех необходимых рабочих параметров с возможностью исследования динамических и статических режимов работы;
2. разработка и реализация алгоритмов работы электропривода, исходя из медицинских показаний с автоматическим регулированием и контролем таких параметров как: скорости, положения, силового воздействия;

3. CAD-модель двигателя в составе устройства.

Объектом исследования является устройство для людей с ограниченными возможностями.

Предметом исследования является разработка математической модели электропривода в составе устройства.

Практическая значимость заключается в использовании результатов модели электромеханической части устройства при создании аппарата, а также для изучения динамики элементов устройства.

Новизна данной работы заключается в разработке модели электромеханической части отечественного устройства для реабилитации после инсульта и разработке алгоритма автоматического управления.

1 Аналитический обзор

1.1 Обзор существующих аналогов

На рынке можно встретить достаточно устройств, позволяющих заменять работу врача и ускоряющих процесс реабилитации за счёт длительного функционирования.

Ниже представлены аналоги и их краткое описание.

Бренд Artromot является одним из ведущих производителей механотерапевтических аппаратов, под которым выпускается несколько популярных серий устройств для восстановления различных суставов и групп мышц.

Данное устройство:

- позволяет задавать параметры работы устройства по указанию врача;
- имеет модули для реабилитации различных суставов (конкретно, для коленного и тазобедренного, плечевого, локтевого суставов);
- длительный режим работы;
- позволяет осуществлять физиотерапевтические действия без участия врача.

Недостатком такого устройства является его цена, поскольку аппарат

производится в США.

Схожее с Artromot устройство бренда Kinetic Spectra французского производителя.



Рисунок 1.1 – Artromot (слева) и Kinetic Spectra (справа)

Приведенные выше аналоги представляют собой пассивные устройства, то есть пациент задает параметры и устройство приходит в действие, при этом пациент не прилагает усилий.

Оксицикл III (Тайвань) относится к активно-пассивным устройствам для реабилитации. Это значит, что человек может и не задавать программу, а самостоятельно крутить педали. Устройство имеет простое управление, возможность реабилитации на дому, возможность поддерживать подвижность конечности, циркуляцию крови и тонус, но оно может применяться только для ног.

Все вышеуказанные устройства имеют достаточно плюсов. Однако они не имеют отечественных аналогов, в связи с чем имеют высокую стоимость.

Сравним технические характеристики электродвигателей Artromot и Kinetic Spectra.

Таблица 1.1 Технические характеристики электродвигателей устройств для реабилитации

| Устройство | Artromot | Kinetic Spectra |
|------------------------|-----------|-----------------|
| Характеристика | | |
| Тип электродвигателя | ДПТ | ДПТ |
| Диапазон регулирования | 0-15-120° | 0-120° |

| | | |
|------------------------|--------------|---------------|
| (тазобедренный сустав) | | |
| Питание | 100 - 240 В | 100 - 240 В |
| Частота | 50-60 Гц | 50-60Гц |
| Мощность | 20 Вт | 20 Вт |
| Диапазон скоростей | 0.3° - 3° /с | 0.6° - 2.4°/с |

Технические характеристики устройств схожи, это объясняется тем, что используется двигатель постоянного тока и учтены данные физиотерапевтов.

1.2 Обзор и выбор электродвигателя

Основным элементом устройства для людей с ограниченными возможностями является электродвигатель. Именно он приводит в действие остальные элементы.

На сегодняшний день существует множество типов электродвигателей. Для различных задач выбираются такие двигатели, которые бы максимально удовлетворяли требованиям.

Выделяют следующие виды двигателей:

- постоянного тока;
- переменного тока.

Двигатели переменного тока могут быть асинхронными и синхронными.

Для устройств для людей с ограниченными возможностями обычно используют двигатели постоянного тока.

Электродвигатели постоянного тока имеют линейные характеристики, обладают равномерным вращением. Такой двигатель прост в управлении и обладает хорошими пусковыми свойствами. Однако, такой двигатель имеет высокую стоимость изготовления, для его работы необходим преобразователь переменного тока в постоянный, а также из-за наличия коллекторно-щёточного узла необходим профилактический осмотр и повышен износ по сравнению с другими двигателями. [1]

Сегодня на смену двигателям постоянного тока приходят синхронные двигатели. К ним относят шаговые двигатели – синхронные двигатели, не

имеющие коллекторно-щёточный узла. В частности, одним из таких электродвигателей является синхронный двигатель с постоянными магнитами. Синхронный двигатель с постоянными магнитами бесшумный, позволяет регулировать обороты при изменении частоты, обладают высокой точностью, а за счет отсутствия коллекторно-щёточного узла не требуют постоянного осмотра, долговечны и обычно имеют лишь моральный износ. Также, в отличие от двигателей постоянного тока, такой двигатель имеет невысокую стоимость. Однако, для управления СДПМ необходим преобразователь частоты. Также сложность заключается в разработке алгоритмов управления, но благодаря применению алгоритмов векторного или скалярного управления возможно применения такого привода без редуктора на ползучих скоростях с сохранением всех моментных характеристик. [1]

Исходя из этого сравнения электродвигателей, целесообразнее выбрать синхронный двигатель с постоянными магнитами, поскольку такой выбор позволит уменьшить стоимость отечественного устройства, а также потребует меньших затрат при эксплуатации и обслуживании устройства.

1.3 Управление синхронным двигателем с постоянными магнитами

Для регулирования скорости и момента СДПМ используют частотные преобразователи. Выделяют два вида частотного управления СДПМ:

- векторное;
- скалярное.

Векторное управление контролирует величину, частоту и фазу напряжения питания. Векторное управление позволяет независимо регулировать момент и скорость вращения на валу двигателя. При таком управлении достигается высокая точность регулирования скорости двигателя, увеличивается диапазон регулирования, обеспечивается быстрая реакция на изменение нагрузки. Основной недостаток векторного управления заключается в вычислительной сложности и необходимости знать начальное положение ротора. [3]

Для векторного управления необходимо использовать датчик положения ротора, датчик тока (для измерения фаз тока) и микроконтроллер, на котором будет осуществляться алгоритм управления двигателем. При таком управлении резко возрастает стоимость электропривода.

При скалярном управлении отношение напряжения к частоте поддерживается постоянным во всём рабочем диапазоне скоростей. При таком управлении отслеживается только величина и частота питающего напряжения. При скалярном управлении скорость ротора оценивается по частоте питающего напряжения, не требуется датчик положения ротора. Также не требуется высокопроизводительный микроконтроллер, обеспечивающий управление двигателем. Основным преимуществом скалярного управления является простота применения и простота реализации. Скалярное управление применимо в задачах, при которых не требуется переменная нагрузка.

Стоит учитывать, что скалярное управление имеет ряд недостатков. При таком управлении не используется датчик скорости, а потому при изменении нагрузки в СДПМ можно потерять управление. СДПМ со скалярным методом управления может выйти из синхронного состояния, а именно, когда момент нагрузки превышает значение предельного момента электропривода. Для управления моментом необходимо использовать датчик момента. [4]

Несмотря на недостатки скалярного управления, его можно применить в данной работе.

2 Разработка математической модели электродвигателя

2.1 Математические расчеты момента электродвигателя

Прежде, чем приступить к разработке электромеханической части устройства, необходимо знать параметры электродвигателя.

Необходимо рассчитать максимальный момент, развиваемый двигателем. В данном случае важно, чтобы наша конструкция могла сгибать и разгибать ногу. Для этого находим максимальный момент силы, при котором можно будет согнуть ногу. Для расчетов необходимо учитывать длину, объем и вес бедра. Согласно данным специалистов-физиотерапевтов максимальный вес

ноги составляет 30 кг, средняя длина бедра – 60 см, средний объем бедра – 20 см.

Формула момента силы имеет следующий вид:

$$M = r * F * \sin \alpha,$$

где α – угол между вектором силы F и плеча r , в данном случае этот угол составляет 90 градусов,

F – сила, приложенная к точке (к тазобедренному суставу), в данном случае это сила тяжести,

r – плечо.

Формула силы тяжести:

$$F = m * g,$$

где m – масса ноги,

g – ускорение свободного падения, возьмем округленное значение 10 [м/с²].

Нога сужается к низу, поэтому имеет смысл представить ее в виде конуса высотой $h=0.6$ м (длина ноги человека) и диаметром $d=0.2$ м (диаметр ноги).

Ниже представлено схематичное изображение ноги.

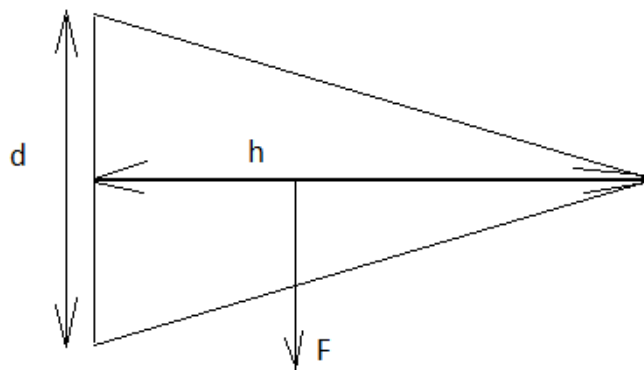


Рисунок 2.1 – Упрощенный вид ноги

На рисунке F – приложенная сила, h – длина ноги, d – диаметр ноги.

Для расчета момента плечом будет расстояние до центра масс. Пусть оно будет l .

Центр масс конуса вдоль горизонтальной оси X :

$$l = \frac{\int_0^h x \cdot S(x)}{\int_0^h S(x) \cdot d(x)} \quad (1),$$

где $S(x)$ – площадь сечения.

$$S(x) = \pi \cdot r^2, \quad (2)$$

где r – радиус конуса.

$$r = \frac{d}{2} = \frac{0.2\text{м}}{2} = 0.1\text{м}.$$

Зависимость изменения радиуса от высоты конуса линейна.

$$\Delta r = k \cdot \Delta h,$$

$$0.1\text{м} = k \cdot 0.6\text{м},$$

$$k = 0.167.$$

Подставим найденный коэффициент и получим уравнение зависимости радиуса от положения по X :

$$r(x) = 0.1\text{м} - 0.167\text{м} \cdot x \quad (3)$$

Получаем, что площадь сечения изменяется по следующему закону:

$$S(x) = \pi \cdot (0.1 - 0.167 \cdot x)^2 \quad (4)$$

Подставим выражение (4) в формулу (1) и найдем расстояние до центра масс:

$$l = \pi \cdot \frac{\int_0^{0.6} x \cdot (0.1 - 0.167x)^2 d(x)}{\int_0^{0.6} (0.1 - 0.167x)^2 \cdot d(x)},$$

$$l = 0.18\text{м}.$$

Подставим полученное значение плеча в формула момента:

$$M = F \cdot l \cdot \sin \alpha,$$

$$F = m \cdot g,$$

$$\alpha = 90^\circ,$$

$$M = m \cdot g \cdot l,$$

$$M = 30 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{кг}}{\text{м} \cdot \text{с}^2} \cdot 0.18 \text{ м} = 54 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Поскольку вид ноги для удобства был представлен в виде конуса, что не совсем точно, то возьмем двойной запас по моменту. Тогда максимальный момент, развиваемый двигателем составит 108 Н*м.

Итак, получен максимальный момент синхронного двигателя с постоянными магнитами.

Помимо момента электродвигатель должен иметь следующие параметры, представленные в техническом задании, выданным руководителем.

Таблица 2.1 Параметры СДПМ

| Характеристика | Значение |
|---|----------|
| Частота вращения, об/мин | 3000 |
| Напряжение питания, В | 24 |
| Номинальный момент электродвигателя, Н*м | 0,33 |

Исходя из этих параметров и полученного момента, можно сделать вывод, что потребуется редуктор.

Передаточное отношение редуктора можно рассчитать по формуле:

$$z = \frac{M_2}{M_1},$$

где z – передаточное число,

M_1 – максимальный момент на выходе,

M_2 – номинальный момент двигателя.

$$z = \frac{108 \text{ Н} \cdot \text{м}}{0,33 \text{ Н} \cdot \text{м}} = 327.$$

2. 2 Математическое описание синхронного двигателя с постоянными магнитами в подвижной системе координат

Синхронный двигатель с постоянными магнитами описывается системой дифференциальных уравнений в неподвижной системе координат. При таком описании запись уравнений базируется на втором законе Кирхгофа.

$$\begin{cases} u_A = R_A \cdot i_A + \frac{d\Psi_A}{dt}, \\ u_B = R_B \cdot i_B + \frac{d\Psi_B}{dt}, \\ u_C = R_C \cdot i_C + \frac{d\Psi_C}{dt}. \end{cases} \quad (1)$$

Здесь Ψ - потокосцепление, для машин с постоянными магнитами:

$$\begin{aligned} \Psi_A &= L_A \cdot i_A + \Phi_0 \cdot \cos \omega \cdot t, \\ \Psi_B &= L_B \cdot i_B + \Phi_0 \cdot \cos(\omega \cdot t - 120^\circ), \\ \Psi_C &= L_C \cdot i_C + \Phi_0 \cdot \cos(\omega \cdot t + 120^\circ). \end{aligned} \quad (2)$$

R_A, R_B, R_C – сопротивление обмоток А, В и С соответственно.

i_A, i_B, i_C – токи в обмотках А, В и С соответственно.

Φ_0 – магнитный поток, который создают постоянные магниты.

Для упрощения работы с математическим описанием СДПМ воспользуемся методом пространственных векторов. Метод заключается в преобразовании мгновенных значений переменных состояния в вектор.

При преобразовании в вектор используется вектор \bar{a} и \bar{a}^2 , учитывающий расположение обмоток:

$$\begin{aligned} \bar{a} &= e^{j\frac{2\pi}{3}} = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}, \\ \bar{a}^2 &= e^{j\frac{4\pi}{3}} = -\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} \end{aligned} \quad (3)$$

Преобразуем системы уравнений (1) и (2). Для перехода к пространственным векторам необходимо первое уравнение умножить на $\frac{2}{3}$, второе на $\frac{2}{3} \cdot \bar{a}$ и третье на $\frac{2}{3} \cdot \bar{a}^2$.

Получаем суммарные векторы напряжения и потокосцепления:

$$\bar{u}_s = R_s \cdot \bar{i}_s + \frac{d\bar{\Psi}_s}{dt}, \quad (4)$$

$$\bar{\Psi}_s = L_s \cdot \bar{i}_s + \Phi_0 \cdot e^{j\omega t} = L_s \cdot \bar{i}_s + \bar{\Phi}_0$$

\bar{u}_s – суммарный вектор напряжения,

$\bar{\Psi}_s$ – суммарный вектор потокосцепления. [5]

Полученные уравнения описывают СДПМ в неподвижной, базисной, системе координат d'q'.

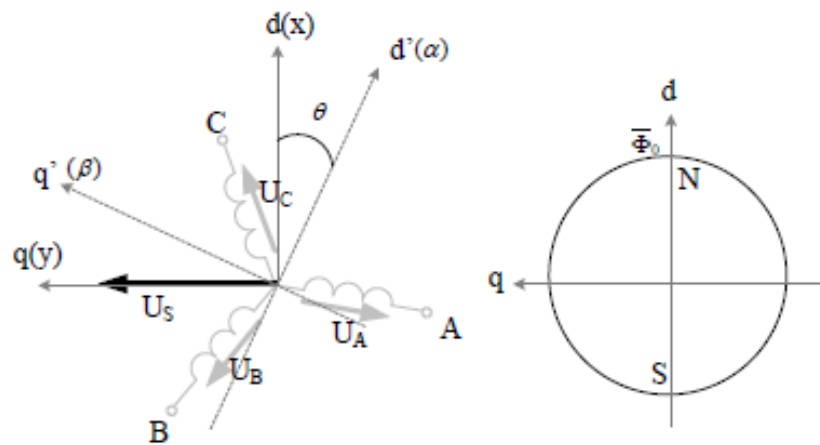


Рисунок 2.2 – Физическая модель СДПМ

Электромагнитный момент, развиваемый на валу электродвигателя, описывается формулой:

$$M = \frac{3}{2} \cdot p \cdot |\bar{\Phi} \cdot \bar{i}|, \quad (5)$$

где p – число пар полюсов.

Уравнение равновесия моментов на валу машины, согласно второму закону Ньютона для вращательного движения примет вид:

$$J \cdot \frac{d\omega_m}{dt} - M - M_n, \quad (6)$$

где M_n – момент нагрузки,

$\omega_m = \frac{\omega}{p}$ – скорость вращения ротора.

2.3 Математическое описание синхронного двигателя с постоянными магнитами в подвижной системе координат

Выведем математическую модель во вращающейся системе координат.

Уравнение электрического равновесия примет вид:

$$u_s = R_s \cdot i_s + L_s \cdot \frac{di_s}{dt} + j \cdot \omega \cdot L_s \cdot \bar{i}_s + j \cdot \omega \cdot \Phi_0. \quad (7)$$

Разложим полученное уравнение по вращающимся осям d и q.

$$\begin{cases} u_d = R_s \cdot i_d + L_s \cdot \frac{d\bar{i}_q}{dt} - \omega \cdot L_s \cdot \bar{i}_q \\ u_q = R_s \cdot i_q + L_s \cdot \frac{d\bar{i}_d}{dt} + \omega \cdot L_s \cdot \bar{i}_d + \omega \cdot \Phi_0 \\ M = \frac{3}{2} \cdot p \cdot \Phi_0 \cdot i_q \\ J \cdot \frac{d\omega_m}{dt} = M - M_n \end{cases} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} I_n &= \frac{U_n}{R_s} \\ \omega_n &= \frac{U_n}{\Phi_0} \\ M_n &= \frac{3}{2} \cdot \Phi_0 \cdot I_n \\ \omega &= \omega_m \cdot p \end{aligned} \quad (9)$$

Где I_n – номинальный ток, U_n – номинальное напряжение, R_s – суммарное сопротивление обмоток, ω_m – угловая скорость вращения ротора, ω – угловая скорость вращения поля статора, Φ_0 – магнитный поток, константа.

На основании этой системы уравнений построим математическую модель в Simulink Matlab, исходя из параметров электродвигателя, представленных в таблице 2.

Таблица 2.2 Параметры синхронного двигателя с постоянными магнитами

| | |
|--|------|
| Напряжение питания, В | 24 |
| Номинальная частота питания напряжения, Гц | 50 |
| Номинальный крутящий момент, Н*м | 0.33 |

| | |
|---|-------|
| Частота вращения электродвигателя, об/мин | 3000 |
| Максимальный крутящий момент, Н*м | 8,3 |
| Момент инерции, кг*м ² | 0.001 |
| Индуктивность обмотки возбуждения, мГн | 20 |

Все остальные параметры рассчитаны с помощью формул (9).

При построении математической модели синхронного двигателя с постоянными магнитами примем следующие допущения:

1. отсутствует насыщение магнитной цепи, потери в стали, эффект вытеснения тока;
2. обмотки статора симметричны;
3. индуктивность рассеяния не зависит от положения ротора в пространстве.

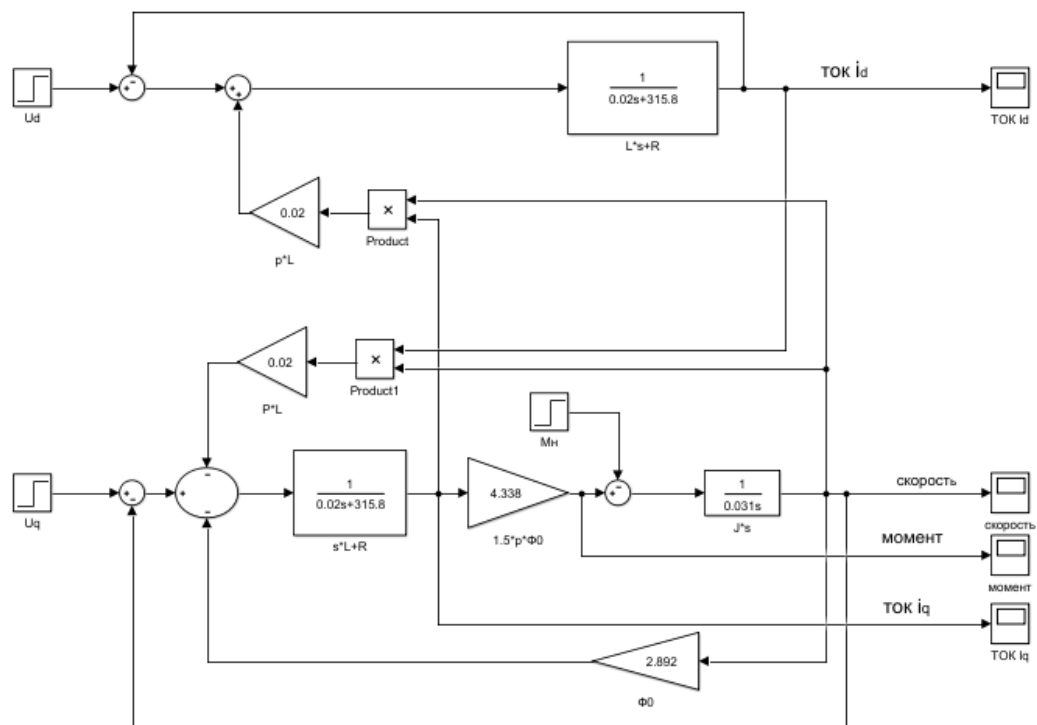


Рисунок 2.3 – Модель СДПМ, собранная в Simulink Matlab

Ток q является моментобразующим током, в то время как ток d сонаправлен с положением магнита в роторе. Поскольку во время работы двигателя обмотка по оси d не создает вращающего момента, то ток i_d задается нулю. Этой частью схемы можно пренебречь.

Упрощенная схема будет иметь следующий вид:

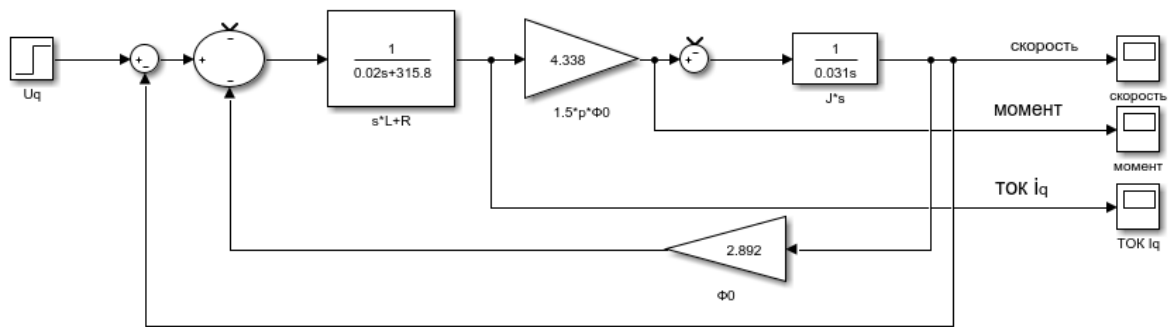


Рисунок 2.4 – Упрощенная модель СДПМ, собранная в Simulink Matlab

Ниже представлены переходные характеристики двигателя.

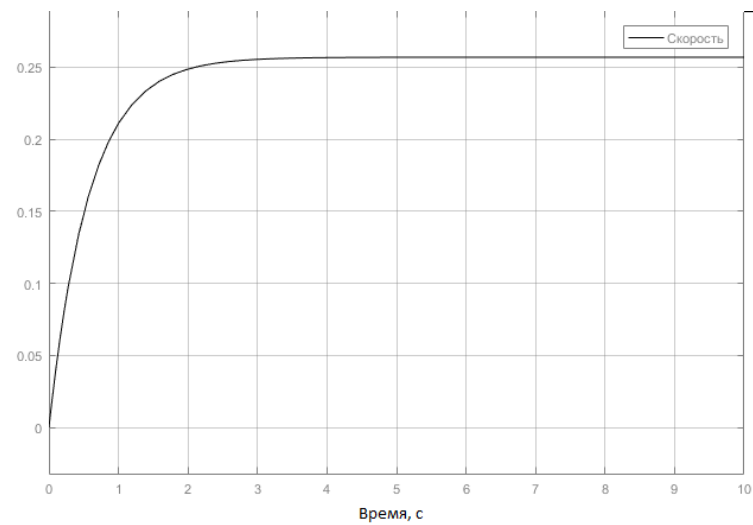


Рисунок 2.5 – Переходная характеристика скорости (без момента нагрузки)

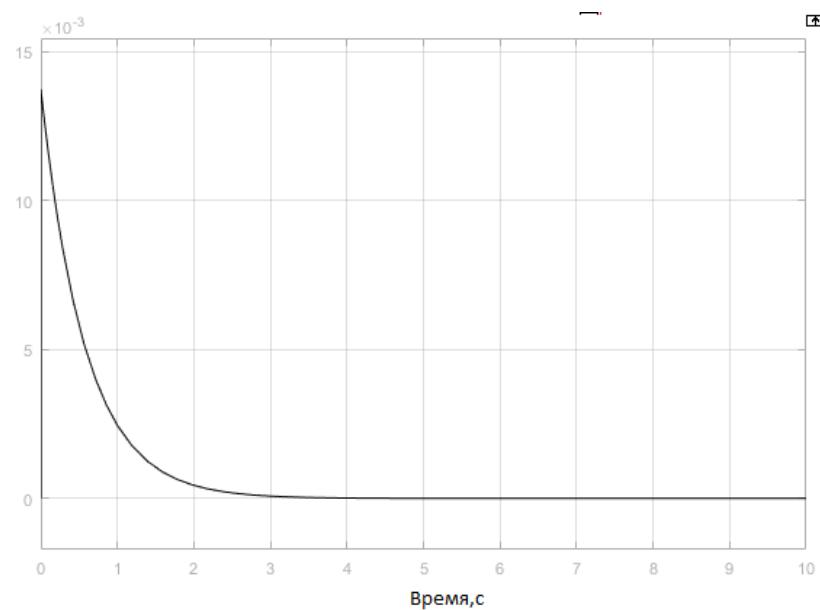


Рисунок 2.6 – Переходная характеристика момента (без момента нагрузки)

2.4 Разработка модели электромеханической части устройства

Разработка электромеханической части устройства включает в себя разработку механической модели устройства и математической модели электродвигателя.

При создании механической модели были введены некоторые допущения. Держатель для ноги был представлен в виде стержня длиной 55 см. Электродвигатель был представлен в виде цилиндра.

Держатель и двигатель были смоделированы в SolidWorks для дальнейшего использования в механической модели в SimMechanics Matlab.

Параметры конструкции держателя:

- длина – 60 см,
- толщина – 1.5 см
- ширина отверстия для вала двигателя – 4 мм,
- вес – 800 г.

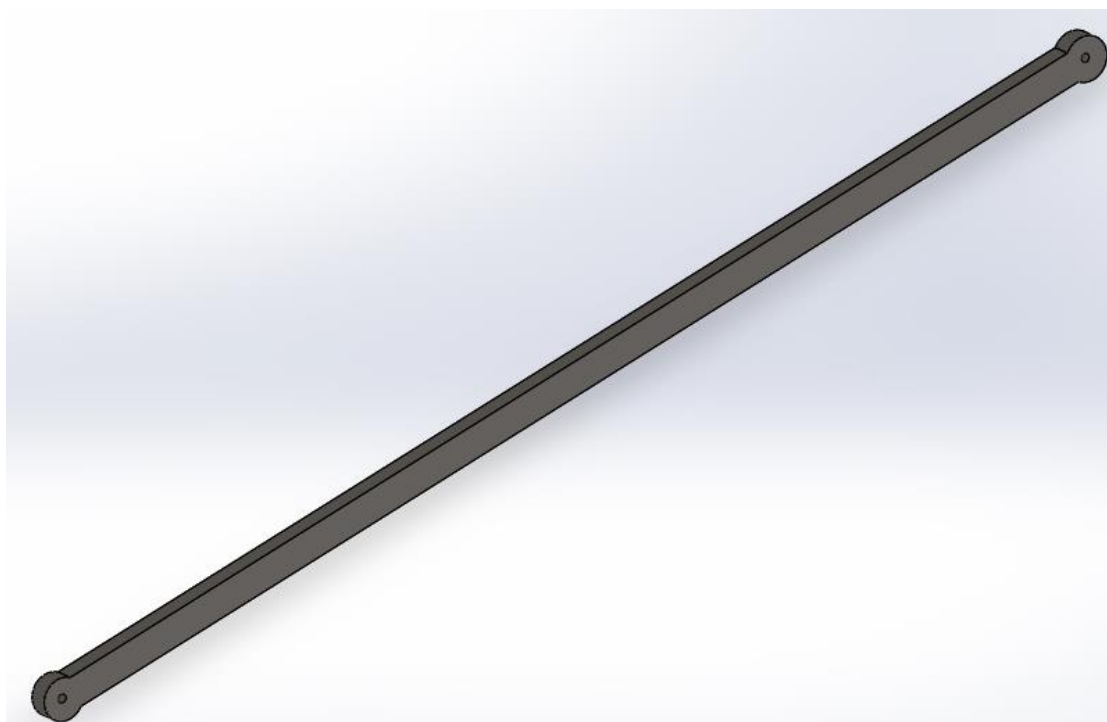


Рисунок 2.7 – Упрощенная трёхмерная модель держателя ноги

Параметры конструкции электродвигателя:

- диаметр корпуса – 3 см,
- длина корпуса – 4 см,

- диаметр вала двигателя – 4 мм,
- длина вала двигателя – 1.5 см.

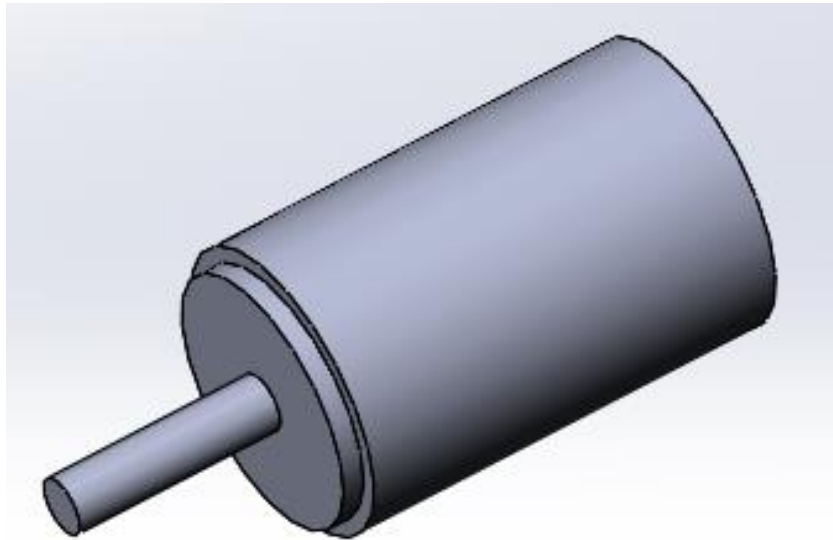


Рисунок 2.8 – Упрощенная трёхмерная модель электродвигателя

Полученные трёхмерные модели были внесены в соответствующие блоки в SimMechanics.

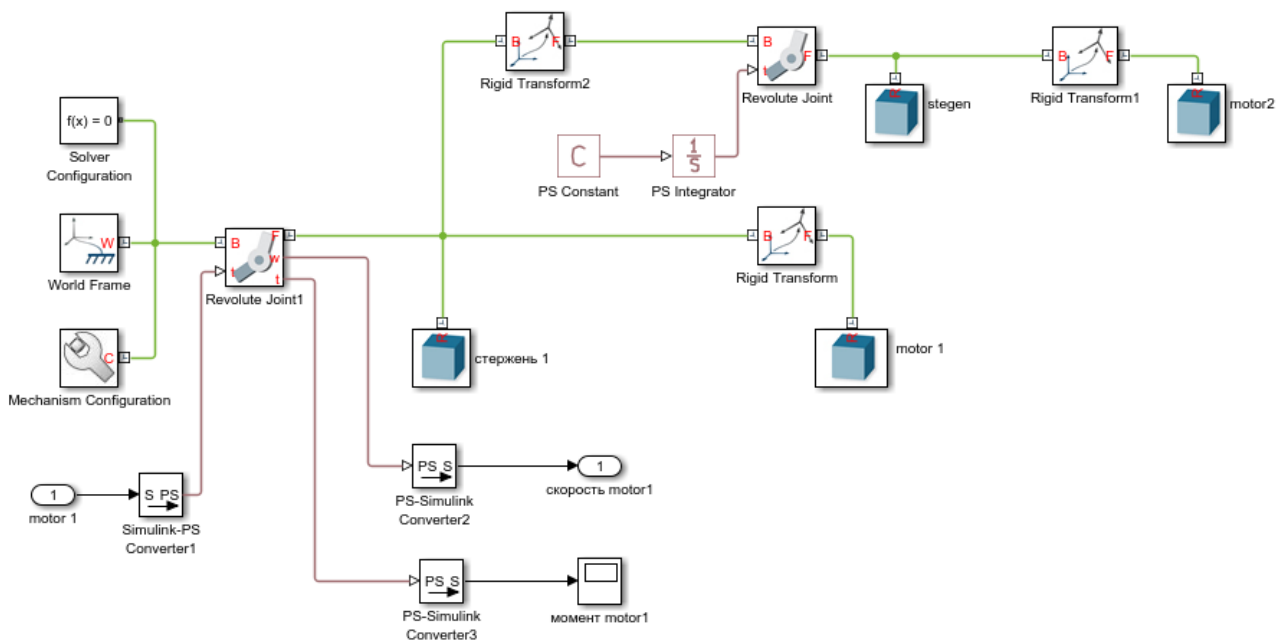


Рисунок 2.9 – Механическая модель устройства, собранная в SimMechanics Matlab

За вращение элементов отвечает блок Revolute Joint. В данном блоке на вход можно подать момент, полученный из математической модели электродвигателя, а на выходе – снимать характеристику скорости. Полученная

характеристика подается в математическую модель.

Для объединения механической и математической моделей созданы две подсистемы.

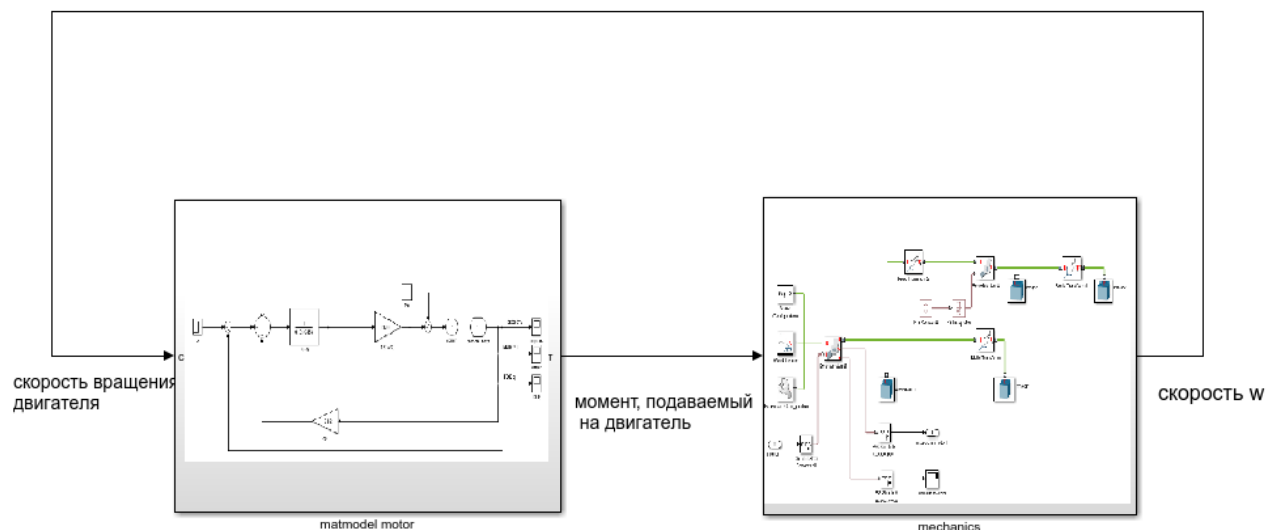


Рисунок 2.9 – Модель электромеханической части устройства для людей с ограниченными возможностями

Левая часть (подсистема 1) модели включает в себя математическую модель. Правая часть (подсистема 2) включает в себя механическую модель устройства. На вход подсистемы 1 подается скорость, на вход подсистемы 2 подается момент, который должен обеспечить двигатель.

3 Управление синхронным двигателем с постоянными магнитами с точки зрения ТАУ

Задача управления заключается в поиске и выборе такого регулятора, который бы позволял достигать и поддерживать требуемые значения системы. Для решения этого вопроса необходимо знать, как система управления реагирует на воздействия. С этой целью была разработана математическая модель СДПМ.

Входным воздействием полученной модели является напряжение питания, выходным – угловая скорость вращения вала двигателя.

В полученной системе необходимо ввести управление по скорости и по моменту. Для этого вводится обратная связь, сигнал рассогласования подаётся

на регулятор, который скорректирует полученные значения и позволит регулировать скорость и момент.

3.1 Многоконтурное управление электродвигателем

В зависимости от целей и задач управления настраивается режим работы электродвигателя. При управлении двигателем в составе устройства для людей с ограниченными возможностями в качестве входных данных модели является программа, рекомендованная физиологами для реабилитации. Программа представляет собой совокупность регулируемых параметров: угол, скорость и сила (момент). Эти параметры могут изменяться во времени.

При этом значении силы, скорости и угла поворота задаются врачом.

Диапазон изменений значений:

- момент – $[0; 108 \text{ Н*м}]$;
- скорость – $[0; 2 \text{ гр/с}]$;
- угол – $[0; 2 \text{ гр}]$.

Исходя из этого можно сделать вывод, что необходимо ввести управление по трём контурам: по положению, по скорости и по моменту.

В имеющуюся базовую модель СДПМ введём обратную связь по положению, по скорости и по току (моменту). Получим три контура управления. Такая система считается многоконтурной, или в данном случае трёхконтурной. В случае, когда один контур вложен в другой контур, многоконтурную систему называют системой подчиненного управления.

Для введения обратной связи по положению несколько изменим базовую модель, введя интегратор.

Полученная модель будет иметь следующий вид.

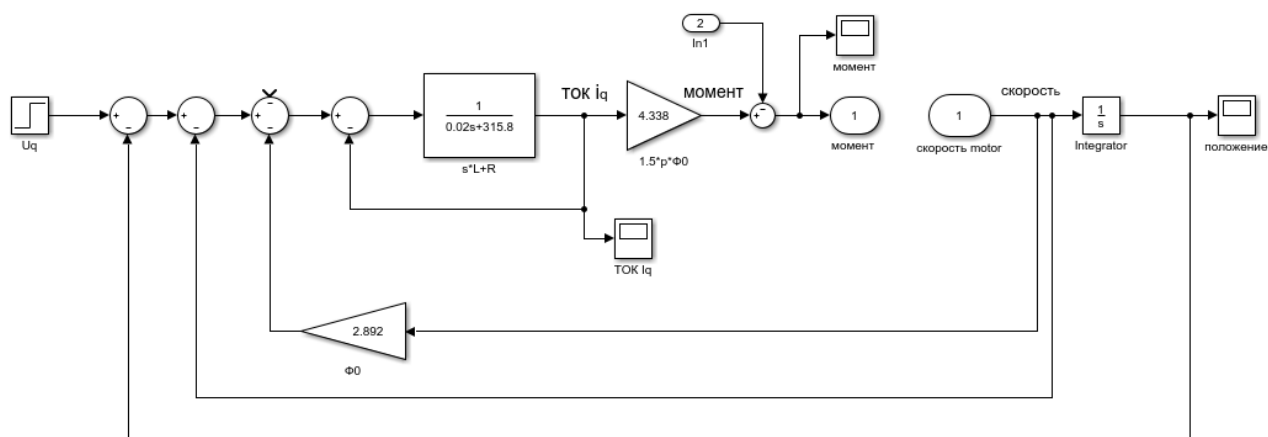


Рисунок 3.1 – Модифицированная математическая модель СДПМ (с введением обратной связи по току, скорости и положению), собранная в Simulink

Для управления двигателем в модифицированную модель вводят регулятор в каждый контур. Таким образом получаем модель многоконтурного управления СДПМ по положению, скорости и моменту.

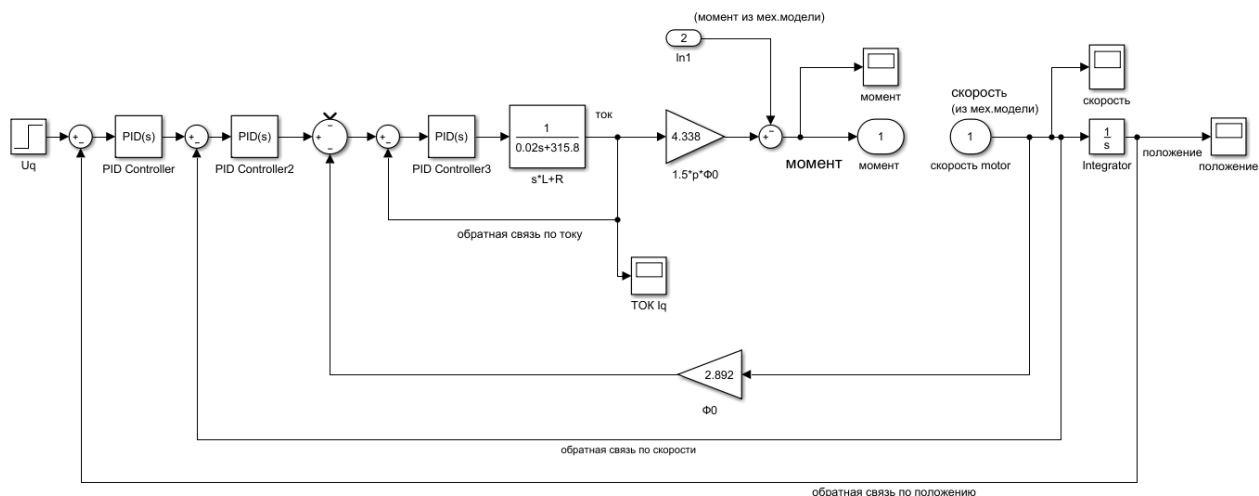


Рисунок 3.1 – Многоконтурное управление по току, скорости и положению

3.2 Обзор и выбор регуляторов для управления СДПМ

Задача управления заключается в уменьшении влияния внешних воздействий и обеспечение быстроты и качества переходных характеристик. С этой задачей справляются регуляторы. Эти устройства вводятся в контур, регулирование которого необходимо обеспечить, и позволяют достичь требуемые параметры. Выделяют П-, ПИ- и ПИД-регуляторы. Для решения

различных задач подбирается один из видов регулятора.

П-регулятор – это простейший регулятор, является усилителем. Такой регулятор вырабатывает сигнал, противодействующий отклонению от заданного значения. П-регулятор позволяет управлять устойчивыми объектами, при увеличении коэффициента повышается быстродействие системы, но также увеличивается статическая ошибка и система может стать неустойчивой.

И-составляющая регуляторов выдает сигнал, пропорциональный накопленной ошибке, и позволяет убрать статическую ошибку. Однако, интегратор замедляет быстродействие системы. Обычно И-регулятор не используется по отдельности, а используется с П-регулятором. В системах с ПИ-регуляторами повышается динамическая точность, быстродействие системы и статическая ошибка сводится к нулю. [6]

Д-составляющая дифференцирует отклонение от заданной величины, то есть пропорциональна темпу изменения отклонения. Д-составляющая позволяет увеличить быстродействие системы, повысить точность за счет положительного сдвига фаз. Недостаток Д-составляющей – влияние высокочастотных помех и шумов. [7]

На практике чаще используются ПИ- и ПИД-регуляторы. ПИД-регулятор позволяет добиться ускорения переходных процессов, повышения точности динамических характеристик, уменьшение статической ошибки.

При управлении по контуру тока, скорости и положения было решено использовать ПИД-регулятор.

Математически ПИД-регулятор описывается следующим образом:

$$PID = K_p \cdot e(t) + K_i \cdot \int_0^t e(t) + K_d \cdot \frac{de(t)}{dt}$$

Параметры ПИД-регулятора были подобраны с помощью Simulink Optimization Toolbox.

Для контура положения получены следующие коэффициенты ПИД-регулятора:

- коэффициент пропорциональной составляющей: $K_p=0.898$,

- коэффициент дифференциальной составляющей: $K_d=1.328$,
- коэффициент интегральной составляющей: $K_i=0.08$.

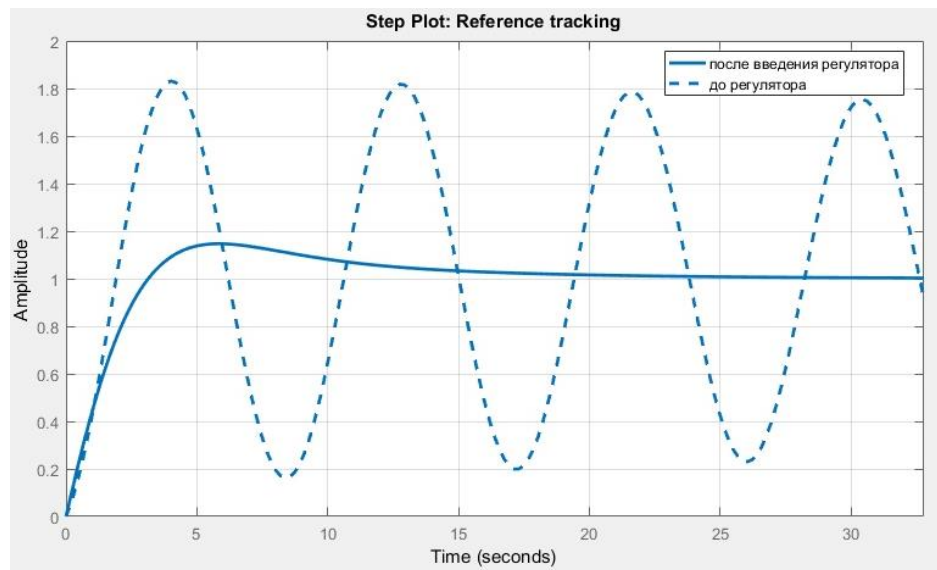


Рисунок 3.2 – Переходная характеристика положения до введения регулятора (пунктирная линия) и после (сплошная линия)

Для контура скорости получены следующие коэффициенты ПИД-регулятора:

- коэффициент пропорциональной составляющей: $K_p=0.054$,
- коэффициент дифференциальной составляющей: $K_d=0.7$,
- коэффициент интегральной составляющей: $K_i=0.0009$.

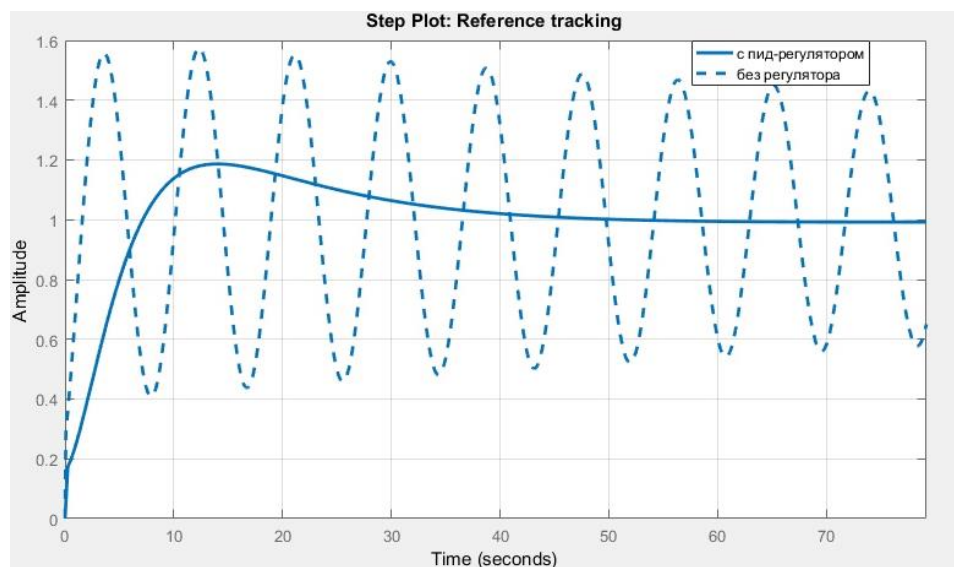


Рисунок 3.3 – Переходная характеристика скорости до введения регулятора (пунктирная линия) и после введения регулятора (сплошная линия)

Для контура тока получены следующие коэффициенты ПИ-регулятора:

- коэффициент пропорциональной составляющей: $K_p=0.02$,
- коэффициент интегральной составляющей: $K_i=0.53$.

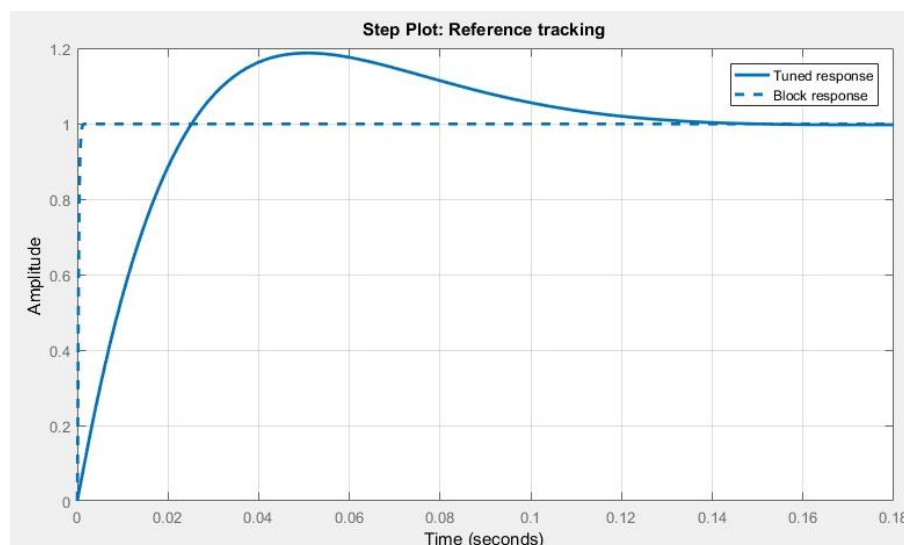


Рисунок 3.4 – Переходная характеристика тока до введения регулятора (пунктирная линия) и после введения регулятора (сплошная линия)

Как видно из полученных графиков, математическая модель имеет неточности и требует доработки.

4 Аппаратная часть

Для дальнейшей работы необходимо провести обзор микроконтроллеров, для управления СДПМ.

При выборе необходимо учитывать, что контроллер должен обладать высокой производительностью, интегрироваться с Simulink Matlab, быть компактным и дешевым.

На сегодняшний день довольно много контроллеров обладают высокой производительностью, а их цена не превышает 400 рублей. К ним относят микроконтроллеры семейства AVR (наиболее популярны Atmega 8, Atmega 328p), STM, PIC и т.д.

Однако далеко не все из них интегрируются с Simulink Matlab. Matlab имеет готовую библиотеку для работы с микроконтроллерами STM32. Этот контроллер обладает высокой производительностью, удобен в применении и компактный.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|---------------|
| 8Е41 | Чугунова Ю.С. |

| Институт | | Кафедра | |
|---------------------|-------------|---------------------------|--------------------------------------|
| Уровень образования | Бакалавриат | Направление/специальность | 15.03.06 Мехатроника и робототехника |

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

| | |
|--|--|
| 1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): <i>материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Оклад студента – 2200 руб. в месяц; - Оклад руководителя проекта – 23264 руб. в месяц. - Человеческие ресурсы – 2 человека (руководитель и студент-дипломник). |
| 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов | <ul style="list-style-type: none"> - Тариф на электроэнергию – 5,26 руб./кВт·ч.; - Годовая норма амортизации составляет 40 % |
| 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования | На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность вводится пониженная ставка – 27,1% |

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|--|---|
| 1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения | <ul style="list-style-type: none"> - Методы коммерциализации результатов инженерных решений; - Морфологический анализ проекта. |
| 2. Планирование и формирование бюджета научных исследований | <ul style="list-style-type: none"> - Определение трудоемкости выполнения работ; - Расчет материальных затрат НИИ; - Основная и дополнительная зарплата исполнителей темы; - Отчисления во внебюджетные фонды; - Накладные расходы; |

| | |
|---|---|
| | - Проведение анализа безубыточности проекта |
| 3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования | - Расчет интегрального показателя финансовой эффективности. |
| Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): | |
| 1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. Альтернативы проведения НИ 4. График проведения и бюджет НИ 5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ | |
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику | 01.03.2018 |

Задание выдал консультант:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-------------|--------------|------------------------|---------|------------|
| Доцент ОСГН | Петухов О.Н. | к.э.н. | | 01.03.2018 |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|---------------|---------|------------|
| 8Е41 | Чугунова Ю.С. | | 01.03.2018 |

5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Цель экономического раздела - провести детальный анализ проекта по критериям конкурентоспособности и ресурсоэффективности. Оценить перспективность проекта, определить трудоемкость и график работ, а также рассчитать интегральный показатель ресурсоэффективности.

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В ходе выпускной квалификационной работы были проведены исследования потребности рынка в аппарате для людей с ограниченными возможностями.

В работе разрабатывается модель электромеханической части аппарата для людей с ограниченными возможностями. Устройство предназначено для реабилитации и поддержки функций конечностей для людей с ограниченными возможностями. Конечными пользователями являются люди, утратившие двигательные функции конечностей.

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Аппараты для людей с ограниченными возможностями позволяют заменять работу врача. Такие устройства способны работать в длительном режиме без постоянного наблюдения врача, тем самым ускоряя процесс реабилитации.

Подобные устройства уже имеются на рынке: Artromot (США), Kinetic Spectra (Франция), Оксицикл (Тайвань) и т.д. Все они имеют схожий набор функций, интерфейс, внешний вид. Их основным недостатком является стоимость (от 300 000 руб.), связанная с отсутствием отечественных аналогов.

Из этого можно сделать вывод, что требуется разработать такое устройство, которое будет доступно по цене не только для пользования в медицинском учреждении, но и для домашнего пользования (в случае, когда требуется постоянная разработка конечностей).

К такому же выводу можно прийти проанализировав карту сегментации рынка (Таблица 1).

Таблица 5.1. Карта сегментации рынка

| | | Способ использования | |
|----------------|--|--|---------------------------------------|
| | | Для реабилитации в мед.учреждении (временно) | Для домашнего пользования (постоянно) |
| Сегменты рынка | Медицинские учреждения, центры реабилитации | + | - |
| | Пациенты, люди с ограниченными возможностями | - | + |

Проведем анализ конкурентного технического решения с помощью оценочной карты.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Таблица 5.2. Оценочная карта

| Критерии оценки | Вес критерия | Баллы | | Конкурентоспособность | |
|---|--------------|----------------|-----------------|-----------------------|-----------------|
| | | Б _ф | Б _{к1} | К _ф | К _{к1} |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Технические критерии оценки ресурсоэффективности | | | | | |
| 1.Энергоэффективность | 0.08 | 4 | 4 | 0.32 | 0.32 |
| 2.Удобство в эксплуатации | 0.15 | 5 | 5 | 0.75 | 0.75 |
| 3.Помехоустойчивость | 0.05 | 4 | 4 | 0.2 | 0.2 |

| | | | | | |
|---|----------|-----------|-----------|-------------|-------------|
| 4.Ремонтопригодность | 0.05 | 5 | 4 | 0.25 | 0.2 |
| 5.Надежность | 0.10 | 5 | 4 | 0.5 | 0.4 |
| 6.Мобильность | 0.05 | 4 | 5 | 0.2 | 0.25 |
| 7.Безопасность | 0.10 | 4 | 4 | 0.4 | 0.4 |
| 8.Персонализация | 0.12 | 4 | 4 | 0.48 | 0.48 |
| 9. Функциональная мощность | 0.05 | 5 | 4 | 0.25 | 0.2 |
| 10. Качество интеллектуального интерфейса | 0.05 | 4 | 4 | 0.2 | 0.2 |
| Экономические критерии оценки ресурсоэффективности | | | | | |
| 11.Цена | 0.20 | 5 | 2 | 1 | 0.4 |
| Итого | 1 | 49 | 46 | 4.55 | 3.80 |

Где B_{ϕ} – разрабатываемое устройство, B_{kl} – устройство Artromot. Конкурентоспособность рассчитываем по формуле:

$$K = \sum B_i * B_i$$

где K – конкурентоспособность научной разработки, B_i – вес показателя (в долях единицы), B_i – балл i -го показателя.

Преимущество перед конкурентом: низкая цена, ремонтпригодность, надёжность. Конкуренты сильно проигрывают в цене.

Для улучшения разрабатываемого продукта применены другие технологии для достижения сходной цели.

5.1.3 Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) это инструмент измерения характеристик, который описывает качество новой разработки, а также ее перспективность на рынке. Технология позволяет принимать решение о целесообразности вложения капитала в НИР. Технология может использоваться при проведении различных маркетинговых исследований, существенным образом снижая их трудоемкость и повышая точность и достоверность результатов. Оценочная карта представлена в таблице 3.

Таблица 5.3. Таблица QuaD

| Критерии оценки | Вес критерия | Баллы | Максимальный балл | Относительное значение (3/4) | Средневзвешенное значение (5x2) |
|--|--------------|-------|-------------------|------------------------------|---------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Показатели оценки качества разработки | | | | | |
| 1. Энергоэффективность | 0.08 | 80 | 100 | 0.80 | 0.064 |
| 2. Помехоустойчивость | 0.05 | 80 | 100 | 0.80 | 0.040 |
| 3. Надежность | 0.10 | 100 | 100 | 1.00 | 0.100 |
| 4. Мобильность | 0.05 | 80 | 100 | 0.80 | 0.040 |
| 5. Персонализация | 0.12 | 80 | 100 | 0.80 | 0.096 |
| 6. Безопасность | 0.10 | 80 | 100 | 0.80 | 0.080 |
| 7. Функциональная мощность (предоставляемые возможности) | 0.05 | 100 | 100 | 1.00 | 0.050 |
| 8. Простота эксплуатации | 0.15 | 100 | 100 | 1.00 | 0.150 |
| 9. Качество интеллектуального интерфейса | 0.05 | 80 | 100 | 0.80 | 0.040 |
| 10. Ремонтопригодность | 0.05 | 100 | 100 | 1.00 | 0.05 |
| Показатели оценки коммерческого потенциала разработки | | | | | |
| 11. Перспективность рынка | 0.10 | 60 | 100 | 0.60 | 0.060 |
| 12. Цена | 0,10 | 100 | 100 | 1.00 | 0.10 |
| Итого | 1 | | | 10.6 | 0,870 |

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{\text{ср}} = \sum P_i * 100 = 0.870 * 100 = 87$$

где:

$P_{\text{ср}}$ – средневзвешенное значение показателей качества и перспективности научной разработки;

P – средневзвешенное значение показателя.

Значение $P_{\text{ср}}$ позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Если значение показателя $P_{\text{ср}}$ получилось от 80 до 100, то такая разработка считается перспективной. Если от 79 до 60 – то перспективность выше среднего. Если от 69 до 40 – то перспективность

средняя. Если от 39 до 20 – то перспективность ниже среднего. Если 19 и ниже – то перспективность крайне низкая.

Из таблицы можно сделать вывод, что разработку можно считать перспективной.

5.1.4 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – это комплексный анализ научно-исследовательского проекта. Такой анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Составим матрицу SWOT:

Таблица 5.4 SWOT-анализ

| | Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Надежность С2. Мобильность С3. Персонализация С4. Безопасность С5. Простота эксплуатации | Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки Сл2. Отсутствие финансирования Сл3. Отсутствие репутации на рынке |
|---|--|--|
| Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2. Уменьшение цены В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт | При использовании инфраструктуры ТПУ можно снизить стоимость проекта. При производстве в России стоимость аппарата значительно уменьшится, за счет того, что нет необходимости осуществлять транспортировку материалов, продукта, платить высокие заработные платы иностранным инженерам | Появление дополнительного спроса на рынке может способствовать финансированию проекта. Проводя исследования на базе ТПУ можно разработать прототип и получить известность на рынке |
| Угрозы: У1. Отсутствие спроса на разработку У2. Неудовлетворительное качество работы разработки | Недостаточный спрос может быть обусловлен отсутствием рекламы. Качество разработки можно повысить за счет использования модели электромеханической части аппарата. | Необходимо разработать прототип устройства и пройти сертификацию для того, чтобы выйти на рынок и заполучить репутацию. |

5.1.5 Морфологический анализ

Морфологический подход основан на систематическом исследовании всех теоретически возможных вариантов, которые вытекают из закономерностей объекта исследования. Анализ охватывает все возможные варианты. Путем комбинирования вариантов можно получить большое количество различных решений, ряд которых представляет практический интерес. Составим таблицу, в которой будут отражены возможные варианты исполнения по различным проблемам разработки.

Таблица 5.5. Морфологический анализ

| Характеристика | Варианты исполнения | |
|----------------------|----------------------------------|--------------------|
| | 1 | 2 |
| Математический пакет | Matlab Simulink | Scilab |
| Задача | Модель электромеханической части | Создание прототипа |

На данный момент в открытом доступе отсутствует модель электромеханической части устройств для людей с ограниченными возможностями. Наличие такой модели ускорило бы процесс работы робототехников, занимающихся созданием протезов, экзоскелетов, ортезов и прочих подобных устройств.

5.2 Планирование научно-исследовательских работ

5.2.1. Структура работ в рамках научного исследования

Трудоемкость выполнения проекта оценивается в человеко-часах и зависит от множества факторов, которые сложно учесть при разработке. Для реализации проекта необходимо 2 исполнителя – научный руководитель (НР), студент (С). Этапы работы проекта представлены в таблице 5.

Таблица 5.6. Этапы работы проекта

| Основные этапы | № этапа | Содержание работ | Исполнитель |
|--------------------------------|---------|---|-------------|
| Разработка задания | 1 | Постановка задачи | НР, С |
| Выбор направления исследования | 2 | Изучение поставленной задачи и поиск материалов по теме | НР, С |

| | | | |
|--|----|--|-------|
| | 3 | Разработка и утверждение ТЗ | НР, С |
| | 4 | Составление календаря проекта | С |
| | 5 | Разработка вариантов исполнения проекта | НР, С |
| Теоретические и экспериментальные исследования | 6 | Разработка математической и механической моделей электропривода для исследования | С |
| | 7 | Разработка алгоритма управления электродвигателем с точки зрения ТАУ | С |
| | 8 | Разработка управления электроприводом в составе устройства | С |
| | 9 | Исследование параметров электропривода в составе устройства | С |
| Обобщение и оценка результатов | 10 | Анализ полученных результатов, оценка эффективности модели | НР, С |
| Оформление отчета по НИР | 11 | Составление пояснительной записки | С |

5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Основная часть стоимости разработки зачастую приходится на заработную плату исполнителей, поэтому важно определить трудоемкость каждого из участников. Ожидаемая трудоемкость находится по формуле

$$t_{ож\ i} = \frac{3 * t_{\min i} + 2 * t_{\max i}}{5}$$

где $t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется

продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi} , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$t_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}$$

где t_{pi} – продолжительность одной работы, раб.дн., $t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн, $Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой. Для примера произведём расчёт первого этапа работы руководителя:

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{кал}$$

где t_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях; t_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;
 $k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{t_{кал}}{t_{кал} - t_{вых} - t_{пр}} = \frac{365}{365 - 104 - 16} = 1,5$$

где: $t_{кал}$ – количество календарных дней в году;

$t_{вых}$ – количество выходных дней в году;

$t_{пр}$ – количество праздничных дней в году.

Коэффициент календарности ТК равен 1,244. Продолжительность первого этапа в календарных днях ТКД1 равна 4,11. Остальные значения рассчитаны аналогично.

Все расчеты по трудозатратам представлены в таблице 7, итоги по продолжительности этапов работы в рабочих и календарных днях являются общими трудоемкостями для каждого из участников проекта, они будут использованы для дальнейших расчетов.

Величины трудоемкости этапов по исполнителям ТКД позволяют построить линейный график осуществления проекта, приведенный в таблице 9.

В таблице находятся расчеты этапов отдельных видов работ.

Таблица 5.7 Временные показатели проведения научного исследования

| Название работы | Трудоемкость работ | | | | | | Длительно сть работ в рабочих днях t_{pi} | | Длительнос ть работ в календарны х днях t_{ki} | |
|--|----------------------|---------|-------------------------|---------|-------------------------|---------|---|--------------------------------------|--|--------------------------------------|
| | t_{min} чел-дни | | t_{max} чел-дни | | $t_{ожi}$ чел-дни | | | | | |
| | | Студент | Научный руководитель | Студент | Научный руководитель | Студент | Научный руководитель | Одновременн о выполнение работ | | Одновременное выполнение работ |
| Студент | | | | | | | | Научный руководит ель | Студент | Научный руководит ель |
| Постановка задачи | 5 | 3 | 8 | 6 | 6,2 | 4,2 | 3,1 | 2,1 | 5 | 4 |
| Обзор научно- технической базы | 7 | 2 | 12 | 4 | 9 | 2,8 | 4,5 | 1,4 | 7 | 3 |
| Разработка и утверждение ТЗ | 7 | 1 | 12 | 2 | 9 | 1,4 | 4,5 | 0,7 | 7 | 2 |
| Составление календаря проекта | 3 | 0 | 5 | 0 | 3,8 | 0 | 3,8 | 0 | 6 | 0 |
| Разработка математической и механической моделей электропривода для исследования | 9 | 4 | 16 | 7 | 11,8 | 5,2 | 5,9 | 2,6 | 9 | 4 |
| Разработка алгоритма управления электродвигател ем с точки зрения ТАУ | 5 | 0 | 9 | 0 | 6,6 | 0 | 6,6 | 0 | 10 | 0 |
| Разработка управления электроприво м в составе устройства | 10 | 0 | 20 | 0 | 14 | 0 | 14 | 0 | 21 | 0 |
| Исследование параметров электропривода в составе устройства | 10 | 0 | 20 | 0 | 14 | 0 | 14 | 0 | 21 | 0 |
| Анализ полученных | 10 | 0 | 20 | 0 | 14 | 0 | 14 | 0 | 21 | 0 |

| | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|---|---|----|---|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| результатов | | | | | | | | | | |
| Оценка эффективности модели | 6 | 1 | 14 | 8 | 9,2 | 3,8 | 4,6 | 1,9 | 7 | 3 |
| Составление пояснительной записки | 7 | 0 | 14 | 0 | 9,8 | 0 | 9,8 | 0 | 15 | 0 |
| Итого | | | | | | | | | 129 | 16 |

5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования





















По таблице 7 составим таблицу 8 – продолжительность работ проведения НИОКР.



Таблица 5.8. Продолжительность работ проведения НИОКР

| № этапа | Этап | Исполнитель | T _{кi} |
|---------|--|-------------|-----------------|
| 1 | Постановка задачи | НР | 4 |
| | | С | 5 |
| 2 | Обзор научно-технической базы | НР | 3 |
| | | С | 7 |
| 3 | Разработка и утверждение ТЗ | НР | 2 |
| | | С | 7 |
| 4 | Составление календаря проекта | С | 6 |
| 5 | Разработка вариантов исполнения проекта | НР | 4 |
| | | С | 9 |
| 6 | Разработка математической и механической моделей электропривода для исследования | С | 10 |
| 7 | Разработка алгоритма управления электродвигателем с точки зрения ТАУ | С | 21 |
| 8 | Разработка управления электроприводом в составе устройства | С | 21 |
| 9 | Исследование параметров электропривода в составе устройства | С | 21 |
| 10 | Анализ полученных результатов | НР | 3 |
| | | С | 7 |
| 11 | Составление пояснительной записки | С | 15 |

По данным из таблицы 8 «Продолжительность работ проведения НИОКР» создадим диаграмму Ганта студента (таблица 9) и преподавателя (таблица 10), которая строилась при максимальном количестве дней каждой работы.

Таблица 5.9. Диаграмма Ганта. График работы студента.

| Этап | Ткд НР, кал. дн. | Ткд С, кал. дн. | Продолжительность выполнения работ | | | | | | | | | | | | | |
|------|---------------------------|--------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---------|
| | | | январь | | | февраль | | | март | | | апрель | | | май | |
| | | | 1 0 | 2 0 | 3 0 | 4 0 | 5 0 | 6 0 | 7 0 | 8 0 | 9 0 | 10 0 | 11 0 | 12 0 | 13 0 | 14 0 |
| 1 | 4,18 | 0 |  | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 3,82 | 0,96 |  |  | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 6,10 | 20,30 | |  |  |  | | | | | | | | | | |
| 4 | 3,76 | 0,42 | | | |  |  | | | | | | | | | |
| 5 | 2,33 | 7,76 | | | | |  |  | | | | | | | | |
| 6 | 3,46 | 17,32 | | | | |  |  | | | | | | | | |
| 7 | 7,76 | 19,41 | | | | | |  |  | | | | | | | |
| 8 | 9,85 | 32,84 | | | | | | |  |  | | | | | | |
| 9 | 5,65 | 18,81 | | | | | | | |  |  | | | | | |
| 10 | 0 | 14,63 | | | | | | | | | |  |  | | | |
| 11 | 0 | 7,17 | | | | | | | | | | | | | | |

Примечание:  –Руководитель  – Студент

5.2.4 Бюджет научно-технического исследования

Для проекта по разработке модели электромеханической части аппарата производится оценка затрат по следующим статьям:

- материальные затраты разработки;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты на научные и производственные командировки;
- накладные расходы.

Так как работа по проекту выполнялась без привлечения сторонних организаций и для ее выполнения не требовалась аренда какого-либо

имущества, а также не было необходимости в командировках, расходы по соответствующим статьям отсутствуют.

5.2.5 Расчет материальных затрат

Расчет материальных затрат проводить не требуется, так как они отсутствуют. Используется материально-техническая база ТПУ.

5.2.6 Основная заработная плата исполнителям темы

Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя. Месячный оклад (МО) научного руководителя, занимающего должность доцента и имеющего степень кандидата технических наук, составляет 23264 руб./мес., МО исполнителя, являющегося студентом, составляет 2200 руб./мес.

Исходя из того, что в месяце в среднем 24,83 рабочих дня при шестидневной рабочей неделе, среднедневная тарифная заработная плата (ЗПдн-т) рассчитывается по формуле:

$$\text{ЗПдн-т} = \text{МО} / 24,83$$

Расчеты затрат на полную заработную плату приведены в таблице 10. Затраты времени по каждому исполнителю, в рабочих днях с округлением до целого, взяты из таблицы 8, где указаны трудозатраты исполнителей. Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется районный коэффициент $K_p = 1,3$.

Таким образом, для перехода от тарифной суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку необходимо учесть районный коэффициент $K_p = 1,3$.

Таблица 5.10. Затраты на заработную плату

| Исполнитель | Оклад, руб./мес. | Среднедневная ставка, руб./раб.день | Затраты времени, раб.дни | K_p | Фонд з/платы, руб. |
|-------------------------|---------------------|---|--------------------------------|-------|--------------------------|
| Научный руководитель | 23264,00 | 936,93 | 38 | 1,3 | 46284,34 |

| | | | | | |
|---------------|---------|------|-----|-----|-----------------|
| Студент | 2200,00 | 88,6 | 112 | 1,3 | 12900,16 |
| Итого: | | | | | 59184,50 |

5.2.7 Расчет затрат на отчисления во внебюджетные фонды

Отчисления во внебюджетные фонды включают в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование и составляют 30,2% от заработной платы участников проекта, стипендия студентов не учитывается.

$C_{\text{соц}}$ определяется следующим образом:

$$C_{\text{соц.}} = C_{\text{зп}} * 0,271 = 46284,34 * 0,271 = 12543,05 \text{ руб.}$$

5. 2.8 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию при работе оборудования, а именно компьютера и принтера. Затраты на электроэнергию при работе оборудования $C_{\text{эл.об.}}$ рассчитываются по формуле:

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об}} \cdot \Pi_{\text{э}} \cdot t_{\text{об}},$$

где $P_{\text{об}}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$\Pi_{\text{э}}$ – тарифная цена за 1 кВт·час; $t_{\text{об}}$ – время работы оборудования, час.

Мощность $P_{\text{об}}$, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:
 $P_{\text{об}} = P_{\text{ном.}} \cdot K_{\text{с}},$

где $P_{\text{ном.}}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_{\text{с}}$ – коэффициент загрузки (для технологического оборудования малой мощности $K_{\text{с}} = 1$).

Номинальная мощность персонального компьютера составляет 0,3 кВт, принтера – 0,1 кВт.

Для ТПУ с учетом налога на добавленную стоимость (НДС)

$$\Pi_{\text{э}} = 5,257 \text{ руб./кВт·час.}$$

Время работы оборудования $t_{\text{об}}$ для исполнителя вычисляется на основе данных таблицы 8, где указаны трудозатраты проекта:

$$t_{\text{об}} = T_{\text{рд}} \cdot K_{\text{т}},$$

где $K_{\text{т}} \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{\text{рд}}$.

Из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов, а

работа выполнялась 112 рабочих дней, получим, что общее время выполнения проекта составляет 896 часа.

Так как работа на компьютере проводилась по 7 часов в день из 8, то $K_t = 0,88$. Тогда из 896 часов, потраченных исполнителем на осуществление проекта, 788,5 часов были проведены за компьютером. Принтер использовался примерно в течение 15 часов. Затраты на электроэнергию при работе оборудования сведены в таблицу 11.

Таблица 5.11. Затраты на электроэнергию для технологических целей

| Наименование оборудования | Время работы оборудования, час | Потребляемая мощность $P_{об}$, кВт | Затраты $Э_{об}$, руб. |
|---------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| Персональный компьютер | 788,5 | 0,3 | 1243,54 |
| Лазерный принтер | 15 | 0,1 | 7,89 |
| Итого: | | | 1251,43 |

5.2.9 Расчет амортизационных расходов

Амортизационные отчисления для рассматриваемого проекта включают в себя амортизацию используемого оборудования за время выполнения работы. Амортизационные отчисления рассчитываются по времени использования компьютера по формуле:

$$C_{ам} = \frac{H_A \cdot C_{об}}{F_d} \cdot t_{рф} \cdot n$$

где: H_A – годовая норма амортизации; $C_{об}$ – цена оборудования;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени;

$t_{рф}$ – время работы вычислительной техники;

n – число задействованных единиц оборудования, $n = 1$.

Годовая амортизация H_A определяется как величина, обратная сроку амортизации оборудования C_A , который определяется согласно постановлению правительства РФ «О классификации основных средств, включенных в амортизационные группы». Для компьютера примем $C_A = 3$ года, тогда $H_A =$

0,33. Для принтера примем $C_A = 2$ года, тогда $H_A = 0,5$.

Расчет затрат на амортизационные отчисления представлен в таблице 12.

Таблица 5.12. Затраты на амортизационные отчисления

| Наименование оборудования | Норма амортиз. оборуд., H_A | Стоим. оборуд., Цоб, руб. | Факт. р/вр. оборуд., $t_{рф}$, ч | Действ. год. фонд р/вр., F_d , ч. | Аморт. отчисл., $C_{ам}$, руб. |
|---------------------------|-------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| Персональный компьютер | 0,33 | 45000,00 | 788,5 | 2384 | 4911,6 |
| Лазерный принтер | 0,5 | 12000,00 | 15 | 2384 | 37,6 |
| Итого: | | | | | 4949,2 |

5.2.10 Расчет прочих расходов

В данном разделе производится оценка расходов на выполнение проекта, которые не были учтены в предыдущих статьях, оплата услуг связи, копирование, закупка материалов и др.

Величина прочих расходов составляет 10% от суммы всех предыдущих затрат и вычисляется по следующей формуле:

$$C_{\text{проч}} = 0,1 \cdot (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл}} + C_{\text{ам}})$$

$$C_{\text{проч}} = 0,1 \cdot (1880,00 + 59184,50 + 13977,87 + 1251,43 + 4949,2) = 8124,3$$

5.2.11 Контрагентные расходы

Контрагентные расходы включают затраты, связанные с выполнением каких-либо работ по теме сторонними организациями (контрагентами, субподрядчиками)

В данном проекте контрагентные работы отсутствуют.

5.2.12 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта. Определение бюджета

затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 13.

Таблица 5.13. Расчет бюджета затрат НТИ

| Наименование статьи | Сумма (руб.) |
|---|--------------|
| 1.Материальные затраты НТИ | 0 |
| 2.Затраты на заработную плату научному руководителю | 17504,79 |
| 3.Затраты на заработную плату студенту | 18849,1 |
| 4.Затраты на отчисления во внебюджетный фонд | 9851,91 |
| 5.Накладные расходы | 2310,29 |
| Бюджет затрат НТИ | 48516,09 |

ТПУ частично финансирует проект, предоставляя аудиторию для работы, ПК, заработную плату и иных ресурсов.

5.3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{финр.і} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}},$$

где $I_{финр}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{\max} – максимальная стоимость исполнения научно- исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i ,$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i , – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в таблице 14.

Таблица 5.14. Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

| Объект исследования/Критерии | Весовой коэффициент параметра | И1 | И2 | И3 |
|--|-------------------------------|----|----|----|
| Способствует росту производительности труда | 0,2 | 4 | 3 | 4 |
| Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей) | 0,3 | 5 | 4 | 3 |
| Помехоустойчивость | 0,05 | 4 | 5 | 4 |
| Энергосбережение | 0,1 | 4 | 4 | 3 |

Таблица 5.14. Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

| Объект исследования/Критерии | Весовой коэффициент параметра | И1 | И2 | И3 |
|------------------------------|-------------------------------|----|----|----|
| Над5жность | 0,2 | 5 | 4 | 4 |
| Материалоемкость | 0,15 | 5 | 3 | 4 |
| Итого | 1 | | | |

Тогда значение интегрального показателя для каждого использования будет:

$$I_{p-исп1} = 4.65 ,$$

$$I_{p-исп2} = 3.7 ,$$

$$I_{p-исп3} = 3.6 .$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-испi}}{I_{финр}} .$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.i}}{I_{исп.i+1}} .$$

В таблице 15 приведены результаты сравнения эффективности разработки.

Таблица 15. Сравнительная эффективность разработки

| № п/п | Показатели | Исп.1 | Исп.2 | Исп.3 |
|----------|---|-------|-------|-------|
| 1 | Интегральный финансовый показатель разработки | 1 | 1 | 1 |
| 2 | Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки | 4.65 | 3.7 | 3.6 |
| 3 | Интегральный показатель эффективности | 4.65 | 3.7 | 3.6 |
| 4 | Сравнительная эффективность вариантов исполнения | 1.26 | 1 | 1 |

Из полученной таблицы видно, что наиболее эффективный вариант решения поставленной задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности является исполнение 1.

Выводы по главе

В ходе выполнения раздела финансового менеджмента проведено комплексное описание и анализ финансово-экономических аспектов выполненной работы. Составлен перечень проводимых работ, их исполнителей и продолжительность выполнения этапов работ, составлен линейный график.

Также произведен расчет сметы затрат на выполнение проекта, проведен расчет себестоимости проекта, определены показатели эффективности проекта и проведена оценка его эффективности.

6 Социальная ответственность

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|---------------|
| 8Е41 | Чугунова Ю.С. |

| Школа | ИШИТР | Отделение | ОАР |
|---------------------|-------------|---------------------------|---|
| Уровень образования | Бакалавриат | Направление/специальность | 15.03.06 Мехатроника и робототехника |

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения

Объектом исследования является модель электромеханической части аппарата для людей с ограниченными возможностями. Модель включает в себя математическую модель двигателя, механическую модель двигателя в составе устройства, управление двигателем. Рабочим местом является место за рабочим персональным компьютером. Основным оборудованием, на котором производится работа, является ПК.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|--|---|
| 1. Производственная безопасность | <p>Анализ выявленных вредных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Освещение - Микроклимат - Шум - Психофизиологические факторы: нервно-психические перегрузки <p>Анализ выявленных опасных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Электрический ток (источник - ПК) - Короткое замыкание - Статическое электричество |
| 2. Экологическая безопасность: | <p>Воздействие объекта на атмосферу, гидросферу отсутствует.</p> <p>Воздействие на литосферу происходит при утилизации ПК, используемого для разработки, а также утилизации люминесцентных ламп освещения.</p> |
| 3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: | <p>Возможной чрезвычайной ситуацией при разработке М является возникновение пожара на рабочем месте.</p> |
| 4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: | <p>- ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».</p> |

| | |
|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> - СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. - СанПиН 2.2.4.548-96 - ТОИ Р-45-084-01 - «Правила устройства электроустановок» - «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» - «Межотраслевые правила охраны труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок» - ГОСТ Р 53692-2009. «Ресурсосбережение. Обращение с отходами.» - Федеральный закон № 89 от 1998г. «Об отходах производства и потребления» - Постановление Правительства РФ № 340 от 2002 г. - ГОСТ 12.1.033-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Термины и определения. - Трудовой Кодекс РФ |
|--|---|

| | |
|---|-------------------|
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику | 01.03.2018 |
|---|-------------------|

Задание выдал консультант:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|--------------|------------------------|---------|------------|
| ассистент | Авдеева И.И. | | | 01.03.2018 |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|---------------|---------|------------|
| 8Е41 | Чугунова Ю.С. | | 01.03.2018 |

В данном разделе рассматриваются возможные вредные и опасные условия труда, предлагаются решения минимизации вредных и опасных факторов на основе существующих нормативов, трудового кодекса РФ и ГОСТов.

Введение

Задачей данной выпускной квалификационной работы является моделирование электромеханической части устройства для людей с ограниченными возможностями. Работа выполняется в программе Matlab Simulink на персональном компьютере в помещении.

При выполнении работ разработчик должен быть ознакомлен с вредными и опасными факторами труда, с мерами по снижению влияния этих факторов, а также с комплексом мер и действий в чрезвычайной ситуации. В данном разделе также рассматриваются условия труда и трудовые отношения к разработке.

При анализе возможных вредных и опасных факторов были выявлены следующие факторы: освещение, микроклимат, шум, нервно-психические перегрузки, электрический ток, короткое замыкание, статическое электричество. Работа осуществляется за ПК, утилизация которого негативно влияет на литосферу.

6.1 Производственная безопасность

На здоровье разработчика влияют вредные и опасные факторы. К вредным можно отнести:

- Освещение;
- Микроклимат;
- Шум;
- Психофизиологические перегрузки.

К опасным относятся:

- Электрический ток;
- Короткое замыкание;
- Статическое электричество.

Проведем анализ вышеперечисленных факторов и определим соответствие рабочего места установленным санитарным нормам.

6.1.1 Освещение

Правильное освещение благоприятно влияет на работу и здоровье разработчика. При неправильном освещении работник быстро утомляется, в его работе возникают неточности, ухудшается настроение. Также плохое освещение влияет на здоровье: увеличивается нагрузка на глаза, в следствие чего может развиваться близорукость, появиться спазм аккомодации и т.д.

Освещение на рабочем месте должно быть оснащено такими источниками света, чей спектр приближен к солнечному свету и чья яркость и освещенность соответствует нормам. Источники должны распределяться равномерно по рабочему помещению во избежание переадаптации зрения.

Нормативные показатели естественного, искусственного и совмещенного освещения в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 представлены в таблице 1.

Таблица 6.1. Нормируемые показатели естественного, искусственного и совмещенного освещения в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03

| Помещение | Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности и высота плоскости над полом, м | Естественное освещение | | Совмещенное освещение | | Искусственное освещение | | | | |
|---|---|---|-----------------------|---|-----------------------|-------------------------------|-----------|---------------------|---|--|
| | | КЕО ен, % | | КЕО ен, % | | освещенность, лк | | | показатель дисконтинентальности М, не более | коэффициент пульсации освещенности, Кп, % не более |
| | | при верхнем или комбинированном освещении | при боковом освещении | при верхнем или комбинированном освещении | при боковом освещении | при комбинированном освещении | | при общем освещении | | |
| | | | | | | все го | от общего | | | |
| Кабинеты информатики и вычислительной техники | Г-0,8 Экран дисплея: В-1 | 3,5 - | 1,2 - | 2,1 - | 0,7 - | 500 - | 300 - | 400 200 | 15 - | 10 - |

Требования к освещению установлены в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.

Таблица 6.2. Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ

| | |
|--|------------------------------|
| Освещенность на рабочем столе | 300-500 лк |
| Освещенность на экране ПЭВМ | Не выше 300 лк |
| Блики на экране | Не выше 40 кд/м ² |
| Прямая блескость источника света | 200 кд/м ² |
| Показатель ослепленности | Не более 20 |
| Показатель дискомфорта | Не более 15 |
| Отношение яркости между рабочими поверхностями | 3:1-5:1 10:1 |
| Коэффициент пульсации | Не более 5% |

При соблюдении этих требований можно уменьшить негативное влияние, оказываемое на глаза разработчика.

6.1.2. Микроклимат

Под микроклиматом понимают внутренний климат помещения, в котором выполняется работа. Микроклимат влияет на продуктивность работы разработчика. Нормативные показатели микроклимата (температура воздуха, относительная влажность воздуха и т.д.) регулируются СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

В зависимости от категории работ установлены различные требования к показателям микроклимата. Работа за ЭВМ относится к категории Ia, поскольку является малоподвижной и низкоинтенсивной.

Требования к микроклимату для категории Ia и Ib представлены в таблице 3.

Таблица 6.3. Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений (СанПиН 2.2.4.548-96)

| Период года | Температура воздуха, °С | Температура поверхностей, °С | Относительная влажность воздуха, % | Скорость движения воздуха, м/с |
|-------------|-------------------------|------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| Холодный | 22-24 | 21-25 | 60-40 | 0,1 |
| Теплый | 23-25 | 22-26 | 60-40 | 0,1 |

Помимо этих требований рекомендуется также проводить ежедневную влажную уборку в местах постоянной работы ЭВМ.

6.1.3. Шум

Производственным шумом называют совокупность шумов и звуков, возникающих в процессе производства и негативно влияющих на работу и здоровье работника.

При шуме работник быстрее устает, у него появляется эмоциональное напряжение, снижается концентрация, при сильном шуме оказывается негативное влияние на слух.

Выделяют несколько категорий производственных помещений, для каждой из которых установлены нормы шума.

Согласно ГОСТ 12.1.003-83 уровень шума в помещениях для работы с ПК не должен превышать 50 дБА. Помимо этого, помещения для работы с ПК не должны граничить с производственными помещениями с высоким уровнем шума. Однако, можно использовать шумоподавляющие материалы, которые могут значительно уменьшить шум из соседних помещений. В качестве индивидуальной защиты от шума можно использовать беруши или специальные наушники.

В СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 установлены допустимые значения уровней звукового давления, создаваемого ПЭВМ (таблица 4).

Таблица 6.4. Допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах частот и уровня звука, создаваемого ПЭВМ

| Уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами | | | | | | | | | Уровни звука в дБА |
|---|-------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|--------------------|
| 31,5 Гц | 63 Гц | 125 Гц | 250 Гц | 500 Гц | 1000 Гц | 2000 Гц | 4000 Гц | 8000 Гц | |
| 86 дБ | 71 дБ | 61 дБ | 54 дБ | 49 дБ | 45 дБ | 42 дБ | 40 дБ | 38 дБ | 50 |

6.1.4 Психофизиологические перегрузки

Работа за ПК монотонна, требует высокой концентрации, вызывает напряжение. При работе за ПК разработчик находится в сидячем положении, что негативно сказывается на состоянии здоровья. Также разработчик выполняет умственную работу, что влияет на функции нервной системы, влияет на зрение и слух и на психическое здоровье человека.

Во избежание психофизиологических перегрузок рекомендуется менять положение (то сидеть, то стоять), выполнять физическую активность во время регламентированных перерывов, не пренебрегать перерывами.

Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере ТОО Р-45-084-01 выделяет несколько категорий работ, для каждой из которой регламентируется время и частота перерывов.

Таблица 6.5. Суммарное время перерывов в зависимости от категории работы и нагрузки

| Категория работы с ПЭВМ | Уровень нагрузки за рабочую смену при видах работ с ПЭВМ | | | Суммарное время регламентированных перерывов при 8-часовой смене, мин. |
|-------------------------|--|-----------------------------|-----------------|--|
| | группа А, количество знаков | группа Б, количество знаков | группа В, часов | |
| I | до 20 000 | до 15 000 | до 2 | 50 |
| II | до 40 000 | до 30 000 | до 4 | 70 |
| III | до 60 000 | до 40 000 | до 6 | 90 |

Согласно этой инструкции, уровень нагрузки относится к категории III, группе В. Это значит, что рекомендуется делать перерыв по 15 минут каждый час.

6.1.5. Электрический ток

Рабочим оборудованием разработчика является ПК, который работает от сети переменного тока.

Электрический ток опасен для жизни и здоровья работника. При работе за ПК есть риск поражения электрическим током, либо воспламенения и возгорания рабочего места.

Для того, чтобы уменьшить риск возникновения опасного воздействия, необходимо соблюдать технику безопасности при работе за ПК. Техника безопасности проводится перед работой и повторяется раз в полгода.

Для снижения риска опасного воздействия необходимо:

- Чтобы электрооборудование, имеющее контакты для подключения заземления, было заземлено, а помещения, где размещаются рабочие места с ПК, были оборудованы защитным заземлением (занулением) в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации оборудования;

- Наличие крышек и защитных панелей;
- Не допускать попадание влаги на электрооборудование и не работать на электрооборудовании влажными руками;
- Держать вентиляционные отверстия электрооборудования открытыми (то есть не ставить вплотную к стене, мебели и т.д.);
- Осуществлять выдергивание штепсельной вилки электроприбора за корпус штепсельной вилки, при необходимости придерживая другой рукой корпус штепсельной розетки;
- Подключать и отключать разъемы компьютеров и оргтехники при отключенном питании (за исключением подключения и отключения USB-устройств);
- Отключать от электрической цепи электрооборудование для удаления пыли;
- Перед использованием электроприборов проверить надёжность крепления электророзетки, свериться с номиналом используемого напряжения;
- Проверять, что корпуса штепсельных розеток и выключателей не содержат трещин, оплавлений и других дефектов, способных снизить защитные свойства или нарушить надёжность контакта;
- Проверять, что кабели (шнуры) электропитания не содержат повреждений изоляции, сильных изгибов и скручиваний.

6.1.6 Короткое замыкание и статическое электричество

Короткое замыкание при работе за ПК, как правило, возникает при нарушении изоляции или попадании предметов, наличие которых не предусмотрено. При коротком замыкании ток резко возрастает, что ведет к тепловому выделению. При коротком замыкании электрооборудование может возгореться.

Для предотвращения воздействия короткого замыкания необходимо проверять целостность контактов и изоляции, а также иметь компьютер с системой защиты, которая будет выключать компьютер в случае короткого замыкания.

Статическое электричество не травмирует человека, однако может нарушить работу электрооборудования, что может привести к возгоранию.

Для уменьшения риска появления статического электричества используют увлажнители и антистатическое напольное покрытие.

6.2 Экологическая безопасность

Экологическая обстановка на сегодняшний день неутешительна. Однако, люди уже стремятся сократить отходы и уменьшить их влияние на окружающую среду.

Поскольку разработка осуществляется на ПК, то необходимо рассмотреть воздействие ПК на окружающую среду.

ПК является источником электромагнитных излучений, источником тепла и шума. Это может оказывать негативное влияние на окружающую среду. Для минимизации влияния следует делать перерывы, выключать компьютер, если не планируется его использование в ближайшее время.

Негативное влияние происходит при утилизации компьютерной техники. Такая техника состоит из большого количества материалов, которые наносят вред окружающей среде. Большинство из них очень долго разлагаются и выделяют токсины. Поэтому утилизация ПК регулируется на законодательном уровне. При утилизации ПК обязательно извлекаются компоненты, отправляются на сортировку и используются повторно. Утилизацией ПК занимаются специализированные организации. Такие организации есть по всей России, что упрощает утилизацию ПК.

Помимо ПК, вред для окружающей среды оказывает и утилизация энергосберегающих ламп.

Энергосберегающие (люминесцентные) лампы содержат ртуть. Она не представляет опасность для людей и окружающей среды до тех пор, пока находится в колбе. При малейшем повреждении стекла ртуть испарится, выделяя токсичные вещества в атмосферу. Утилизация таких ламп имеет несколько этапов: разделение на составляющие, часть материалов идет на

переработку для повторного использования, токсичные вещества заливаются цементом и отправляются в специальные места.

Вышедшие из строя люминесцентные лампы должны принимать в ЖЭК и РЭУ. Существуют и частные компании, которые занимаются сбором перегоревших или разбитых изделий и имеют соответствующую лицензию. Они потом отправляют их на заводы. Там отделяется люминофор, в котором содержится ртуть, затем проводится обработка демеркуризирующими химикатами.

Качественная утилизация позволяет улучшить экологическую обстановку и уменьшить выделение токсинов и тяжелых металлов, что положительно влияет на здоровье населения.

6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Под чрезвычайной ситуацией (ЧС) понимается опасная обстановка, сложившаяся в результате аварии, катастрофы, природного явления. При работе за ПК такой ситуации может быть пожар, возникший при несоблюдении техники безопасности при работе за ПК, пожаробезопасности, нарушении изоляции проводки и т.д.

Помещение, в котором выполняется работа, согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03, можно отнести к категории В (пожароопасное).

Возможными причинами пожара могут быть:

- Перегрузка электрических сетей,
- Нарушение изоляции,
- Короткое замыкание,
- Некорректный пуск оборудования,
- Попадание влаги.

Помещение должно быть оборудовано первичными средствами пожаротушения и средствами связи.

Разработчик должен знать правила пожарной безопасности, план действий и пути эвакуации. Необходимо проводить пожарно-профилактические мероприятия:

- издание инструкций, планов, инструктаж персонала;
- контролировать соблюдение эксплуатационных норм, состояние изоляции;
- соблюдение противопожарных мероприятий при устройстве электропроводок, оборудования, систем отопления, вентиляции и освещения.

В качестве противопожарных мероприятий в помещении должно находиться средства тушения пожара, средства связи. Все сотрудники должны знать место нахождения средств пожаротушения и уметь ими воспользоваться, средств связи и номера экстренных служб.

В случае пожара необходимо принять ряд действий:

- сообщить о пожаре руководителю, постараться устранить очаг возгорания первичными средствами пожаротушения;
- привести в действие ручной пожарный извещатель, если очаг возгорания потушить не удастся;
- сообщить о возгорании в службу пожарной охраны по телефону 01 или 010, сообщить адрес, место и причину возникновения пожара;
- принять меры по эвакуации людей и материальных ценностей;
- встретить пожарную охрану, при необходимости сообщить всю необходимую информацию и оказать помощь при выборе наилучшего подхода к очагу возгорания.

6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Рабочее место с ПК должно быть оборудовано согласно требованиям безопасности, санитарных норм и эргономики для обеспечения безопасной и комфортной работы.

Организацию рабочего места регламентируют ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» и СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».

Согласно требованиям при организации работы с ПК должны выполняться следующие условия:

- площадь на одно рабочее место пользователя с ПК должна составлять не менее 6 м²;
- конструкция рабочей мебели должна обеспечивать возможность индивидуальной регулировки соответственно росту пользователя и создавать удобную позу для работы;
- ПК и, соответственно, рабочее место должно располагаться так, чтобы свет падал сбоку, лучше слева;
- расстояние от ПК до стен должно быть не менее 1 м, по возможности следует избегать расположения рабочих мест в углах помещения либо лицом к стене;
- ПК лучше установить так, чтобы, подняв глаза от экрана, можно было увидеть какой-нибудь удаленный предмет в помещении или на улице, таким образом, предоставляя эффективный способ разгрузки зрительного аппарата;
- окна в помещениях с ПК должны быть оборудованы регулируемыми устройствами – жалюзи, занавески, внешние козырьки;
- монитор, клавиатура и корпус компьютера должны находиться прямо перед работником;
- высота рабочего стола с клавиатурой должна составлять 680-800 мм над уровнем стола;
- высота экрана над полом – 900-1280 мм, монитор должен находиться на расстоянии 600-700 мм от работника на 20 градусов ниже уровня глаз;
- рабочее кресло должно иметь мягкое сиденье и спинку, с регулировкой сиденья по высоте с удобной опорой для поясницы
- положение тела пользователя относительно монитора должно соответствовать направлению просмотра под прямым углом 90 градусов или под углом 75 градусов.

В соответствии с Трудовым кодексом РФ 197-ФЗ предусмотрена рациональная организация труда в течение смены, согласно которой:

- длительность рабочей смены должна быть не более 8 часов;
- должны быть установлены два регламентируемых перерыва - не менее 20 минут после 1-2 часов работы или не менее 30 минут после 2 часов работы;
- обеденный перерыв должен быть не менее 40 минут, может быть скользящим в течение рабочей смены.

Также, Трудовым кодексом закреплен обязательный предварительный медицинский осмотр при приеме на работу и периодические медицинские осмотры.

Каждый сотрудник должен пройти инструктаж по технике безопасности перед приемом на работу и в дальнейшем, должен быть пройден инструктаж по электробезопасности и охране труда. Каждому работнику обязательно должна быть предоставлена рабочая инструкция, с описанием входящих в его должность функций и рабочих моментов, а также конкретным описанием границ ответственности.

Заключение по разделу

В данном разделе рассмотрены вредные и опасные факторы, которые могут произойти при разработке модели электромеханической части аппарата для людей с ограниченными возможностями. Изучены основные нормативы и способы уменьшения негативных воздействий на здоровье и окружающую среду.

При изучении помещения, было выявлено, что освещение комфортно для работы, соответствует нормам. В рабочем помещении используются энергосберегающие лампы, распределенные равномерно по всему помещению. Такие лампы обладают хорошей яркостью и имеют небольшой коэффициент пульсаций. Также на помещение 6 м * 10 м приходится 3 больших окна. Рабочее место находится на расстоянии 70 см от окна, расположение окна – слева.

Соблюдены микроклиматические условия. В помещении регулируемое отопление, температура 23°С.

Уровень шума незначительно выше допустимого предела (50дБ) и составляет 55дБ. Источниками шума являются системы охлаждения ПК и работа других людей, находящихся в помещении.

Во время работы делаются перерывы для снижения нагрузки и предотвращения нервно-психических перегрузок.

ПК закрыт в корпус, имеет системы защиты и системы охлаждения, благодаря чему уменьшается нагрев и риск возникновения статического электричества. Также уменьшается риск возникновения пожара за счет системы защиты.

Помещение оборудовано согласно требованиям электробезопасности (имеются порошковый огнетушитель, датчики дыма, пожарная сигнализация).

В случае выхода из строя используемой электроники или ламп, отходы передаются в соответствующие компании.

Заключение

На данном этапе работ выполнен обзор аналогов, выбор двигателя и контроллера. Разработана механическая модель устройства. Помимо этого, разработана математическая модель синхронного двигателя с постоянными двигателями. На основе базовой модели построена математическая модель для трёхконтурного управления по положению, скорости и моменту. Полученная модель позволяет изучить динамические характеристики электродвигателя. На основе разработанной модели можно разработать прототип СДПМ для устройства для реабилитации после инсульта.

Список использованных источников

1. Т.Кенио, С.Нагамори. Двигатели постоянного тока с постоянными магнитами: Пер. с англ.-М.: Энергоатомиздат, 1989.
2. Н.И.Волков. Электромашинные устройства автоматики: Учебник для вузов.- М.: Высш. шк., 1986.
3. Cristian Busca. Open loop low speed control for PMSM in high dynamic application.- Aalborg, Denmark.: Aalborg universitet, 2010
4. Bial Akin, Nishant Garg. Scalar (V/f) control of 3-phase induction motors. Application report. SPRABQ8.- Dallas, USA.:Texas Instruments
5. Электронная научная библиотека ТПУ. [Электронный ресурс]. URL: <http://earchive.tpu.ru/handle/11683/26506> (дата обращения: 25.05.2018)
6. Википедия. ПИД-регулятор. [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/ПИД-регулятор> (дата обращения: 28.05.2018)
7. Энциклопедия АСУ ТП. [Электронный ресурс]. URL: http://www.bookasutp.ru/Chapter5_2.aspx (дата обращения: 28.05.2018)
8. ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»
9. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03
10. ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»
11. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03
12. СанПиН 2.2.4.548-96
13. ТОИ Р-45-084-01
14. «Правила устройства электроустановок»
15. «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей»
16. «Межотраслевые правила охраны труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок»
17. ГОСТ Р 53692-2009. «Ресурсосбережение. Обращение с отходами»
18. Федеральный закон № 89 от 1998г. «Об отходах производства и

потребления»

19. Постановление Правительства РФ № 340 от 2002 г.

20. ГОСТ 12.1.033-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ)

21. Пожарная безопасность. Термины и определения.

22. Трудовой Кодекс РФ

